

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

présenté pour l'obtention du DIPLÔME D'AGRONOMIE APPROFONDIE

spécialisation Elevage en Milieux Difficiles

**Elaboration d'outils de réflexion stratégique sur les
évolutions des exploitations :
Application à l'échelle d'une coopérative laitière dans
un périmètre irrigué au Maroc**

par

Morgane BARA

Année de soutenance : 2007

Organisme d'accueil : Cirad

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

présenté pour l'obtention du DIPLÔME D'AGRONOMIE APPROFONDIE

spécialisation Elevage en Milieux Difficiles

**Elaboration d'outils de réflexion stratégique sur les
évolutions des exploitations :
Application à l'échelle d'une coopérative laitière dans
un périmètre irrigué au Maroc**

par

Morgane BARA

Mémoire préparé sous la direction de :

Charles-Henri MOULIN

Présenté le : **28/09/2007**

Organisme d'accueil : **CIRAD**

devant le Jury :

- **Danièle MONTAGNAC**
- **Jocelyn FAGON**
- **Claire AUBRON**
- **Charles- Henri MOULIN**
- **Pierre-Yves LE GAL**

Maître de Stage : **Pierre-Yves LE GAL**

Table des matières

Introduction.....	1
1 Contexte et problématique	2
1.1 Le périmètre irrigué du Tadla	2
1.2 La production laitière au Tadla	3
1.3 Contexte et objectifs du stage	4
2 Matériels et méthodes	5
2.1 Cadre théorique	5
2.1.1 Différentes méthodes de typologie	5
2.1.2 La modélisation d'exploitations : diversité en fonction des applications souhaitées ..	6
2.2 Déroulement du travail et choix des techniques utilisées	7
3 Résultats	10
3.1 Base de données :.....	10
3.1.1 Surfaces cultivées.....	10
3.1.2 Troupeaux	11
3.2 Typologie	13
3.2.1 Critères de classement retenus	13
3.2.2 Description des types	13
3.3 Simulateur	14
3.3.1 Description et fonctionnement du simulateur	14
3.3.2 Hypothèses de construction	16
3.3.3 Utilisation du simulateur : renseignement des entrées par itérations.....	17
3.3.4 Validation du simulateur	18
3.4 Simulations.....	18
3.4.1 Description des profils types.....	18
3.4.2 Scénarios explorés :	19
3.4.3 Hypothèses de simulation :	20
3.5 Quelques résultats significatifs	21
3.5.1 Paramétrage d'un scénario de référence	21
3.5.2 Choix entre deux options : augmentation du potentiel ou du cheptel ?	21
3.5.3 Gestion des surfaces : changement d'assolement et économie d'eau	22
3.5.4 Détermination de seuils : cas des exploitations diversifiée, exemple sur une exploitation mixte	23
3.5.5 Intégration à l'échelle de la coopérative	24

4	Discussion	26
4.1	Définition des profils types	26
4.2	Restitution aux partenaires et conclusion sur le stage.....	26
4.3	Utilisation des outils.....	26
4.4	Application de l’outil à d’autres contextes.	27
4.5	Approfondissements à explorer	28
	Conclusion	29
	Bibliographie.....	30
	ANNEXE A : Localisation géographique de la plaine du Tadla	32
	ANNEXE B : Fiche enquête utilisée auprès des adhérents de la coopérative	33
	ANNEXE C : Schéma organisationnel de la base de données	36
	ANNEXE D : Clé typologique.....	37
	ANNEXE E : Mode d’emploi du simulateur	39
	ANNEXE F : Résultats des simulations	44

- Remerciements -

Avant toute chose, j'aimerais dédier ce travail à tous ceux qui ont contribué, d'une manière ou d'une autre, à sa réalisation.

Et aussi à tous ceux sans qui Fqih Ben Salah pourrait n'être qu'une petite ville de province ennuyeuse et isolée, et grâce à qui elle est un des plus beaux endroits du monde...

Merci avant tout à Abdelkrim Anbari, président de la coopérative El-Badr, mon ami, mon frère !

Chokran bzaf pour ton accueil chaleureux, pour les cours d'arabe, pour les blagues, pour tout le temps que tu m'as consacré, et pour m'avoir emmenée partout «comme si j'étais ton petit frère ».

Merci à Charles Henri Moulin, mon tuteur enseignant, et à Pierre-Yves Le Gal, mon maître de stage, pour leur encadrement, leur disponibilité et leur implication dans mon stage.

Combien de stagiaires pourront se vanter d'avoir vu leurs encadrants se déplacer aussi loin toute une semaine, subir les aléas de la Royal Air Maroc et la chaleur écrasante, pour faire le point sur l'avancement du stage ?

Merci également à Mohamed Taher Sraïri et Marcel Kuper pour avoir pris le relais de l'encadrement durant mon séjour au Maroc ; aux membres du service élevage de l'ORMVAT ; et à tous ceux dont les précieux conseils ont agrémenté mon travail.

Merci à Meriem et à sa charmante famille, pour son accueil et tous les bons moments passés ensemble à Rabat, à Fqih, ou sur internet ;

Merci à la famille Âqil, pour m'avoir adoptée : à khoya Moulay Youssef, à Bahija mon professeur d'arabe et de cuisine, à khti Molati, à Nesa mon élève de français, à Oummi Fatima ; à Radia, Tariq, Zainab et Azdin ; à Moulay Chrif.

Merci enfin à tous les amis qui ont ensoleillé chaque minute de mon séjour et m'ont donné l'envie de revenir : à Safae, pour la bouffée d'air pur et cette soirée inoubliable, à Aziz mi fratello per la vita, à Mohamed, à Kamal, à Hicham le touareg, à Ahmad le magicien, à Jilali pour les rigolades et la conduite, à Larbi, à Leila, à Bouchra, à Imane et Imane, , à Youssef, Aziz et M'hamed du Club, et à tous ceux que je n'ai pas cités mais que je n'oublie pas...

Et à Ayes.

Et bien sûr, merci à tous mes amis de France et à mes parents pour m'avoir supportée, sur internet pendant mon voyage, et en live après mon retour !

A vous tous, merci !

Avant propos

Le projet SIRMA (économies d'eau en Systèmes Irrigués au Maghreb), projet français en partenariat avec le Maghreb, réunit l'Algérie, la Tunisie et le Maroc autour de la problématique de l'utilisation de l'eau par l'agriculture en périmètre irrigué. Il regroupe les principaux instituts d'enseignement agronomique du Maghreb ainsi que trois instituts de recherche français : le CEMAGREF (CEntre national du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et Forêts), le CIRAD (Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement), et l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement). Dans le cadre de ce projet, à l'échelle du Maroc, le CIRAD, l'Institut Agronomique et Vétérinaire (IAV) Hassan II, et l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Tadla (ORMVAT), ont initié une étude sur la production laitière au sein du périmètre irrigué du Tadla. C'est dans le cadre de cette étude que s'inscrit le travail dont il est rendu compte dans ce document.

Introduction

L'évolution constante des systèmes agricoles entraîne, à l'échelle même des exploitations, de constantes évolutions. Afin d'appuyer les exploitations dans leur développement, les conseillers agricoles ont recours à de nombreux outils, comme supports de réflexion et d'aide à la décision. Parmi ceux-ci, les modèles d'exploitations occupent une place privilégiée.

Attonaty (1989) rappelle les multiples objectifs qui peuvent être ceux d'un modèle :

- « faire prendre conscience à l'acteur gestionnaire du système du fonctionnement et des faiblesses de son système, [...] »
- améliorer le système, ces améliorations peuvent toutefois n'être appréciées qu'à travers des critères multiples, quantitatifs et qualitatifs, objectifs et subjectifs,
- être un élément d'animation et de réflexion pour des groupes d'agriculteurs.
- ... »

Les modèles d'exploitation peuvent s'appliquer à différentes échelles, de la totalité de l'exploitation à un atelier seulement, selon l'objectif visé et l'élément étudié (résultats économiques, gestion des pâturages, flux organiques...). De même, leur domaine géographique d'application peut être plus ou moins large selon qu'ils sont utilisés comme support de conseil personnalisé aux exploitations ou comme outils d'évaluation du devenir d'une zone agricole (échelle de la région, du bassin de production...).

Nous nous plaçons ici dans le domaine de l'appui au développement de petites structures laitières (exploitations et coopératives de collecte), dans un contexte d'atomisation de l'offre laitière (nombreuses exploitations de petite taille) et de désengagement des services publics d'appui au développement de l'élevage.

Dans ce contexte et devant une nécessité exprimée par les acteurs de la filière d'augmenter la production laitière, quels outils développer pour appuyer les coopératives et les exploitations agricoles dans leur développement ?

Le présent travail porte sur l'élaboration d'outils d'aide à la réflexion sur les leviers et perspectives d'évolution des exploitations laitières et les conséquences sur l'évolution des coopératives. Plusieurs outils ont été développés, visant à aider les acteurs à se représenter les leviers d'évolution à leur disposition : une base de donnée pour gérer les informations concernant les adhérents de la coopérative, des profils type d'exploitation, une clé typologique pour rattacher les exploitations à ces profils type, et enfin un modèle pour simuler des changements de conduite d'élevage et leurs conséquences sur l'économie des exploitations et sur les flux à l'échelle de la coopérative de collecte.

Ces outils ont été développés dans le cadre d'un projet de recherche mené avec les acteurs de la filière laitière dans le périmètre irrigué du Tadla, au Maroc, et appliqués au cas particulier d'une coopérative laitière dans le périmètre irrigué du Tadla, au Maroc.

Ce document est articulé en trois parties. Dans un premier temps nous décrivons le contexte de la production laitière au Tadla ainsi qu'un rapide état des lieux des outils et méthodes existants dans le domaine de la modélisation d'exploitations et des typologies. Ensuite nous expliciterons les matériels et méthodes choisis ainsi que les différentes phases du travail effectué. Enfin, nous décrivons les outils mis au point ainsi que quelques résultats de simulations afin d'en illustrer l'utilisation possible. Dans une dernière partie, nous évoquerons des perspectives pour l'application des outils mis au point, leur adaptabilité et leurs limites, ainsi que pour la poursuite du travail engagé.

1 Contexte et problématique

1.1 Le périmètre irrigué du Tadla

Au début des années 1970, devant la forte croissance démographique des zones urbaines, le gouvernement marocain a mis en place un plan laitier visant à assurer à la population ses besoins minimaux en lait (1/4 de litre par personne et par jour selon les recommandations de l'OMS). Ce développement de la production laitière s'appuyait en grande partie sur les périmètres irrigués, où des fourrages abondants et de bonne qualité peuvent être produits. En effet, « la pratique des cultures fourragères irriguées a une incidence très importante sur les résultats techniques des éleveurs. Ainsi, le poids moyen des carcasses de bovins élevés en zone irriguée est le double du poids des carcasses provenant des élevages en bour¹ ou agriculture pluviale. De même, la productivité des vaches laitières est en moyenne de 1 906 litres par animal et par an en zone irriguée, contre 605 litres en bour » (FAO 2005 ; chiffres pour la campagne 2000-2001).

La région du Tadla est l'un des neuf périmètres irrigués du Maroc, situé à 200 km au sud-est de Casablanca (voir carte annexe A). Géré par l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Tadla (ORMVAT), le périmètre couvre une superficie de 100 000 ha, et est alimenté par deux barrages.

Le périmètre du Tadla se divise en deux zones séparées par l'oued Oum Er-Rabiaa : les Beni Amir, au nord, et les Beni Moussa, au sud. Les Beni Moussa bénéficient d'une pluviométrie légèrement plus importante que les Beni Amir (400 à 550 mm par an en Beni Moussa contre 310 à 350 en Beni Amir). (source : ORMVAT). La zone Beni Amir a donc plus fortement souffert de la sécheresse exceptionnelle qu'a connue le Maroc cette année.

L'organisation de l'offre en eau est basée sur des déclarations d'assolement, chaque culture étant affectée d'un ordre de priorité. Par contre l'ORMVAT ne peut contrôler l'usage réel de l'eau auprès des agriculteurs. Ceux-ci reçoivent donc une dotation globale en eau qu'ils répartissent ensuite entre leurs cultures selon leur propre échelle de priorités (Le Gal, 2004). Les agriculteurs peuvent également avoir recours à d'autres ressources en eau que celle distribuée par le réseau de l'office : pompage individuel dans la nappe, récupération de l'eau excédentaire par pompage dans les drains...

En fonction des surfaces déclarées par les agriculteurs, l'ORMVAT établit un plan d'assolement pour l'année qui lui permet de négocier la dotation en eau du périmètre avec l'agence de bassin. En effet, les deux barrages alimentent également les périmètres du Doukkala et du Haouz.

Globalement, les cultures sur le périmètre se répartissent en trois types (Le Gal, 2005): des cultures alimentaires annuelles (blé tendre, maraîchage, betterave sucrière...), des plantations fruitières (olivier, grenadier, agrumes, rosacées...), et des cultures fourragères (luzerne, trèfle d'Alexandrie - bersim-, orge, maïs...) pour l'élevage bovin local ou pour la vente vers d'autres régions (approvisionnement par exemple des élevages camelins de Laayoune en foin de luzerne).

Dans ce contexte de partage des ressources en eau, et face aux importantes sécheresses connues dernièrement par le pays, la question de l'économie d'eau devient de plus en plus prégnante. L'irrigation par goutte à goutte se développe, et d'une manière générale, les exploitants cherchent dans la mesure du possible à se tourner vers des cultures moins consommatrices en eau. Dans les systèmes fourragers, la culture la plus répandue est la luzerne, qui est aussi la plus consommatrice en eau. Certains éleveurs cherchent donc à lui substituer d'autres fourrages. Il peut s'agir par exemple du maïs, moins consommateur d'eau en totalité, mais qui la nécessite en plein été, moment où cette ressource est la plus rare. Il peut s'agir également d'orge fourrager ou le mélange orge-pois, cultures hivernales qui nécessitent peu d'eau d'irrigation puisque se développant en période pluvieuse.

¹ Zone non irriguée

1.2 La production laitière au Tadla

Avec une production totale estimée à 180 millions de litres pour la campagne 2005-2006 (91 millions de litres collectés, la collecte représentant environ 50% de la production totale), le Tadla participe pour environ 20% de la production laitière du Maroc (source : ORMVAT).

Ce bassin d'approvisionnement est structuré autour de trois acteurs essentiels : les exploitations agricoles, les coopératives de collecte laitière, et un industriel privé effectuant la transformation du lait (la Centrale Laitière).

En 2006, on comptait environ 18000 exploitations laitières sur le périmètre. Bien que les profils d'exploitations soient très variables, la majorité des élevages laitiers du Tadla sont de petite taille : 70% travaillent moins de 5 ha (Kuper et al. 2006). Devant cette atomisation de l'offre, le rôle de collecteur des coopératives laitières (84 en 2006) devient capital. Le lait produit est dans un premier temps livré aux coopératives, équipées de tanks réfrigérés pour le stockage, puis l'industriel ramasse la production au niveau des centres de collecte. Seuls quelques élevages de taille importante (plus de 15 vaches traites) sont eux-mêmes équipés de tanks et directement collectés par l'industriel.

Les coopératives ont ainsi un rôle d'intermédiaire entre la production et la transformation. Mais leur rôle ne se limite pas à agréger les productions des adhérents dans un tank pour permettre leur ramassage par la Centrale. Elles servent aussi d'intermédiaire dans les négociations avec l'industriel (prix du lait, bonifications à la qualité, etc.); proposent des services à leurs adhérents tels que vente d'aliment du bétail, formations, conseil technique etc. ; et participent à des œuvres sociales dans leur zone d'action. Ainsi, la plupart des coopératives sont pour partie financeur d'associations, participant ainsi à diverses actions telles qu'entretien des pistes, secours (pharmacies de quartier, ambulances...), construction d'écoles, etc. (Oudin, 2006).

Plusieurs objectifs sont poursuivis concernant l'amélioration de la production laitière. Tout d'abord, l'industriel recherche une augmentation des quantités produites, dans l'objectif de couvrir une plus grande part de la demande nationale en produits laitiers. Il souhaite également réduire la saisonnalité de la production, qui baisse significativement en hiver compte tenu de la saisonnalité de la production fourragère, et en améliorer la qualité du lait collecté.

Pour atteindre ces objectifs, un prix plus attractif est proposé en période de basse lactation (3 Dh par litre ; contre 2,5 en période estivale). D'autre part, des bonifications du prix du lait sont attribuées en fonction de sa qualité (taux butyreux par exemple).

Cependant, les contrôles de qualité ne sont effectués qu'à l'usine, sur le lait de tank, et non au sein des coopératives, sur les laits livrés par les adhérents. Les bonifications profitent donc à l'ensemble de la coopérative (qu'elles soient gardées pour son fonctionnement ou redistribuées aux adhérents) et non directement aux éleveurs concernés. Ce découplage opéré par le passage en structure collective nuit au lien entre l'effort fourni par l'éleveur et sa rémunération.

De ce fait, et les négociations autour du prix du lait étant bloquées (aux dires des exploitants et des coopératives), le seul levier que maîtrisent véritablement les éleveurs pour accroître leur revenu laitier est l'augmentation de la production. Celle-ci passe notamment par l'achat d'animaux de bon potentiel laitier (importation de race Holstein, ou achat de croisées à forte proportion de sang Holstein). Mais les performances de ces animaux restent dans la plupart des cas bien inférieures à leur potentiel : l'écart moyen entre productions réelle et potentielle constaté par El Jaouhari lors de la première visite aux exploitations suivies était de 8,5 litres par jour (El Jaouhari, 2007).

Devant ce premier objectif partagée par les différents acteurs de la filière d'augmenter la production laitière, comment appuyer les coopératives dans leur développement ?

Les structures étatiques tels que le service de l'élevage de l'ORMVAT, qui assuraient un accompagnement au secteur de l'élevage, se désengagent progressivement. Face à ce

désengagement et à la multiplicité des petits élevages, comment continuer à assurer les services de conseil, de formation et d'appui technique nécessaires au développement des élevages laitiers ? Les coopératives laitières apparaissent comme le seul maillon susceptible d'endosser le rôle de conseiller puisque suffisamment proches des exploitations et directement intéressées par le développement de l'activité laitière.

C'est pourquoi nous avons cherché à concevoir des outils à leur usage, afin de permettre à des conseillers agricoles au service des coopératives d'assurer l'appui au développement nécessaire aux exploitants.

1.3 Contexte et objectifs du stage

Des travaux avaient déjà été effectués sur la zone auprès des coopératives en 2006. Une étude avait été menée auprès d'un échantillon diversifié de coopératives de collecte afin de comprendre leur fonctionnement et de proposer un appui à leur système d'information (Oudin, 2006).

Nous nous proposons à présent de concevoir des outils de conseil aux exploitations agricoles utilisables par les coopératives auprès de leurs adhérents.

En 2005, des travaux ont été menés auprès d'un échantillon de 30 exploitations du périmètre afin d'établir une typologie des exploitations laitières au Tadla en fonction de leurs stratégies (Kuper et al. 2006). Cette typologie avait révélé une grande diversité des stratégies au sein de l'échantillon. Nous basant sur cette observation, nous avons fait l'hypothèse qu'une diversité d'exploitations pouvait également être rencontrée au sein de la population ciblée que nous étudions ici.

Nous avons donc cherché à caractériser cette diversité par une typologie, s'appuyant sur une méthode comparable à celle employée en 2005 mais orientée selon de nouveaux objectifs : éclairer la composition de la coopérative dans le but de simuler des évolutions possibles à son échelle.

Afin d'explorer les évolutions possibles des exploitations, nous avons cherché à développer un modèle d'exploitation qui permette d'évaluer les conséquences de changements de conduite des élevages. Ce modèle se voulait applicable soit à des cas types, dans le cas d'une simulation à l'échelle d'un ensemble tel que la coopérative, soit à des cas particuliers d'exploitations, dans le cadre d'un conseil personnalisé aux éleveurs.

A partir de la typologie définie en 2005, un premier outil de simulation avait été construit afin de représenter le fonctionnement des différents types d'exploitation : ainsi, pour chaque type, le modèle se déclinait sous une forme légèrement différente. Ce modèle comparait une offre alimentaire mensuelle en fourrages à une demande du troupeau, et en déduisait une ration par type d'animaux et des performances zootechniques et économiques. Pour cela, il incluait des règles définies à partir des pratiques observées et régissant par exemple le rationnement des vaches laitières (Kuper et al. 2006). L'outil de simulation que nous décrivons ici s'inspire de ce premier simulateur, que nous avons progressivement amendé et modifié.

En parallèle de ce stage, une étude a été menée par une étudiante de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II portant sur des techniques d'ajustement tactique du rationnement permettant de réaliser le potentiel des animaux (El Jaouhari, 2007). La conception des outils s'articule donc sur différents points avec les résultats tirés de ce travail, notamment lors de la validation du simulateur.

2 Matériels et méthodes

Nous présenterons dans un premier temps différentes méthodes existant dans les domaines de la typologie et de la modélisation d'exploitations, puis nous décrirons dans un deuxième temps la démarche adoptée pour ce travail.

2.1 Cadre théorique

2.1.1 Différentes méthodes de typologie

Il existe de nombreuses méthodes pour construire des typologies d'exploitations. Certaines reposent sur une étude statistique descriptive, mais ne sont orientées en fonction d'aucune finalité précise (Perrot, 1990). Il s'agit d'avantage, d'inventaires organisés d'une population.

D'autres méthodes visent à utiliser la typologie produite à des fins de développement agricole ou rural (Perrot, 1990). On peut distinguer parmi elles deux grand types de démarche : l'approche par enquête directe en exploitation, et la typologie à dire d'experts.

La typologie par enquête directe se décompose en plusieurs étapes. Tout d'abord, un plan d'échantillonnage de la population à étudier est défini : sur cet échantillon plus réduit vont être menées les enquêtes permettant de construire la typologie. Elles permettent un regroupement en types par comparaisons de proche en proche. De ce regroupement, on déduit un ensemble de critères déterminant les types qui constituent la clé typologique. Cette clé pourra ensuite être appliquée à la totalité de la population afin de connaître l'importance relative de chaque type. Selon les d'informations collectées, ce type de classement permet de construire des typologies s'intéressant à la trajectoire des exploitations (Capillon, 1985²), aux projets à long terme des exploitants (INRA-SAD, 1973²), ou aux logiques de fonctionnement des exploitations (Cristofini 1986, Roybin 1985²). Les types sont ici construits par segmentation de l'échantillon et sont donc par constructions exhaustifs.

« Par sa précision, cette méthode apparaît bien adaptée aux problématiques de développement local, [...] et aux situations où l'expertise est insuffisante ou inaccessible » (Landais, 1996).

La typologie à dire d'experts construit des types non par ségrégation d'une population d'exploitations, mais par agrégation autour de « pôles » virtuels (Landais 1996, Perrot 1990). Elle repose dans un premier temps sur la constitution d'un panel d'experts connaissant la zone et les exploitations étudiées et sur une série d'entretiens visant à définir des « exploitations types » reconnues par les experts. Ces exploitations constituent les pôles autour desquels les types se dessineront. Ils sont définis par une série d'indicateurs discriminants pour lesquels chaque exploitation recevra une note en fonction de son degré de ressemblance avec le pôle.

L'ensemble de ces critères, dont les notes sont pondérées en fonction de l'importance relative de chaque critère, constitue une clé typologique, qui permettra par la suite de répartir les exploitations entre les différents pôles. La clé typologique est validée en l'appliquant à des exploitations connues des experts : ceux-ci sont alors à même de dire si la clé a permis de rattacher les exploitations au pôle attendu.

Une fois validée, la clé est appliquée à l'ensemble des exploitations étudiées. Chacune obtient alors une note globale de ressemblance à chaque pôle, variant de +100 à -100, par agrégation des notes reçues pour chaque critère (compte tenu de coefficients de pondération des critères selon leur importance relative). Un type est alors défini par les exploitations obtenant une note globale de ressemblance au pôle supérieure à 80.

² In Perrot, 1990

Ces types construits par agrégation ne sont pas forcément exhaustifs (Perrot, 1990) : certaines exploitations peuvent ne correspondre à aucun des types. Elles mettront alors en évidence l'existence d'un nouveau type ou d'un état de transition entre deux types.

Landais (1996) considère que la souplesse de cette méthode dans le choix des variables discriminantes la rend particulièrement adaptée à la prise en compte des comportements stratégiques des exploitants.

2.1.2 La modélisation d'exploitations : diversité en fonction des applications souhaitées

De nombreux modèles ont été développés dans le cadre de la modélisation d'exploitations sous des supports logiciels différents.

Avec la programmation linéaire ont été développés des outils d'optimisation qui permettent de maximiser une fonction, selon des objectifs et contraintes fixés. Val-Arreola et al. (2004) utilise ainsi la programmation linéaire pour déterminer le meilleur assolement fourrager pour des exploitations laitières.

Il est cependant à souligner que l'objectif visé ici n'était pas d'obtenir un modèle d'optimisation mais de pouvoir représenter les conséquences par rapport à une situation initiale données, de tel ou tel changement dans la conduite de l'élevage. Le but de l'outil est en effet d'amener l'utilisateur (conseiller agricole par exemple) et son (ses) interlocuteur(s) à réfléchir sur l'opportunité de l'une ou l'autre décision, dans le cadre d'une analyse au cas par cas des possibilités d'orientation stratégique de la conduite de l'élevage.

Les modèles d'optimisations présentant des limites dans le domaine du conseil aux exploitations (comment mettre en œuvre la solution optimale déterminée ?), d'autres outils ont été développés. Ces modèles sont basés sur la description d'objets comprenant des propriétés et de règles de comportement vis-à-vis de leur environnement (Attonaty et al. 1989), du type « si conditions alors décision ».

On peut citer parmi eux le modèle d'organisation du travail Otelo (Attonaty et al. 1987) qui permet de prévoir un enchaînement d'actions en fonction de conditions extérieures définies et d'objectifs à atteindre. Ces outils ont connu des applications dans le domaine du conseil aux exploitations. Mais leur fonctionnement à base de règles induit une importante complexité et la nécessité d'une mise à jour de la programmation informatique de ces règles à mesure que le support informatique évolue. La diffusion et l'application de ces outils reste donc limitée, faute de facilités d'actualisation.

D'autres outils tels que le logiciel Olympe (Attonaty) ont été développés sous forme de tableurs. Il s'agit alors d'un outil de calcul, n'intégrant quasiment pas de règles et s'affranchissant ainsi des difficultés de mise à jour. Le logiciel Olympe est un simulateur d'aide à la décision pour l'orientation stratégique de l'exploitation agricole, à l'échelle individuelle, et/ou dans une démarche collective. L'intérêt de Olympe se trouve dans sa rapidité à explorer différentes variantes qui permettent de tester la viabilité d'un projet (Zemzam, 2003). Ce modèle permet à partir d'une situation de base utilisée comme référence de connaître les conséquences possibles d'un changement dans l'exploitation.

De nombreux outils ont été développés dans ce but d'exploration des conséquences de l'un ou l'autre changement de conduite. Parmi ceux-ci, les domaines d'application et les degrés de précision dans la représentation sont variés. Ils ont généralement pour fonction de dresser un bilan sur les flux de l'exploitation selon divers mode de conduite.

Le modèle DyNoFlo Dairy (Dynamic North Florida Dairy model), développé par Cabrera et al. en 2005, propose ainsi un bilan sur les flux d'azote pour des élevages laitiers du nord de la Floride. Intégrant des fonctions d'optimisation à son fonctionnement, il permet de déterminer un système de conduite minimisant les rejets d'azote et d'observer les conséquences économiques de la mise en

pratique de ce système. Dans un autre cadre, le modèle d'exploitation SEPATOU (Cros et al. 2003) représente un atelier laitier en s'intéressant particulièrement à l'alimentation et aux relations entre le troupeau et les surfaces pâturées afin d'évaluer les conséquences de la gestion du pâturage tournant.

Dans ces modèles, selon l'objectif visé, le niveau de précision peut être assez fin (niveau moléculaire dans le cas de la gestion des flux d'azote par exemple). Dans notre cas, compte tenu des hypothèses qui sous-tendent la construction du modèle (estimation des rendements, du potentiel des animaux etc.), nous nous situons à une échelle de représentation beaucoup plus globale (valeurs nutritives des aliments en énergie et azote digestible).

2.2 Déroulement du travail et choix des techniques utilisées

Etant destinés aux coopératives, les outils développés devaient être d'accès relativement simple, afin d'être facilement utilisables par les acteurs concernés. Ils devaient pouvoir servir de support à la réflexion autour de stratégies de développement de l'activité laitière, l'objectif étant de permettre aux coopératives de développer un système de conseil ciblé aux exploitations.

Le choix avait été fait de baser le travail sur le cas d'une seule coopérative, de taille assez restreinte pour permettre de prendre en compte la totalité de ses adhérents. Le choix de la coopérative a été principalement guidé par la présence d'un partenaire intéressé, en l'occurrence le président actuel de la structure.

Basée à proximité de Fqih ben Salah, dans les Beni Amir, la coopérative El-Badr comptait 68 adhérents au moment de l'enquête. Elle assure le stockage du lait en tank, de la livraison par les adhérents au ramassage par la Centrale Laitière, ainsi que divers services tels que fourniture d'aliment du bétail, formations professionnelles, épicerie, financement pour partie de l'association Badr à vocation sociale (pharmacie, entretien des pistes, ambulance, transport scolaire...).

Cette coopérative est approvisionnée par ses adhérents ainsi que par des livreurs occasionnels. L'adhésion n'est proposée à un livreur qu'après une période de six mois minimum de livraisons régulières. L'étude présente s'est intéressée exclusivement aux livreurs adhérents. Il s'agit en effet d'une population relativement instable et sur la quelle la coopérative ne cherche pas à agir (pas de lien ni d'engagement envers la coopérative, donc pas de continuité dans les livraisons ni la relation).

Une enquête exhaustive a été réalisée auprès des adhérents de la coopérative. La fiche d'enquête³ avait été mise au point dès le mois de janvier et elle a été menée avant le début du stage, de façon que toutes les données soient disponibles au début de la phase de terrain. Ce travail d'enquête a été réalisé par le président de la coopérative lui-même, connaissant personnellement chaque adhérent, ce qui a facilité l'accès aux informations.

Plusieurs thèmes ont été abordés :

- les surfaces cultivées, avec les cultures en place au moment de l'enquête et prévues ensuite (successions culturales) ;
- les effectifs d'animaux présents (détail du troupeau bovin par tranches d'âge) ;
- l'alimentation du troupeau bovin (ration fourragère des vaches laitières au long de l'année ; achats et ventes d'aliments, pâturage...) ;
- l'équipement (bâtiments d'élevage, matériel de traite, équipement hydraulique) ;
- le niveau de production de l'élevage laitier (relevé des livraisons par quinzaine au cours de l'année 2006).

³ Voir annexe ... pour l'intégralité de la fiche enquête utilisée

En parallèle, mon stage a débuté par une phase de conception sous « Access » de la base de données destinée à stocker les informations collectées durant l'enquête, à partir d'un modèle de la fiche enquête. Une fois sur place, les résultats d'enquête ont été saisis. Cette base de données permet d'accéder plus rapidement et souplement aux regroupements d'information souhaités (critères utiles pour la typologie par exemple).

La phase de préparation des outils avant terrain a également compris la préparation du simulateur. En me basant sur le modèle d'exploitations mis au point en 2005, je l'ai modifié et complété afin qu'il réponde aux objectifs de simulation que nous nous étions fixés. Des problèmes de manque de souplesse dus aux règles régissant le modèle ayant déjà été rencontrés avec le simulateur développé en 2005, nous avons cherché à développer ici un modèle simple comprenant un minimum de règles implicites. Par ce choix, nous nous situons d'avantage dans la lignée des modèles du type Olympe.

Les outils développés devaient être d'accès relativement simple, afin d'être facilement utilisables par les acteurs concernés. Ils devaient pouvoir servir de support à la réflexion autour de stratégies de développement de l'activité laitière, l'objectif étant de permettre aux coopératives de développer un système de conseil ciblé aux exploitations. Pour ces raisons de souplesse et d'accès facilité aux rouages du modèle, nous avons choisi de le développer sous un tableur.

De plus, ce support nous permettait d'obtenir un modèle fonctionnel en un temps relativement court (deux mois) afin de conserver du temps en seconde partie de stage pour les simulations et leur exploitation (discussion et échanges sur le terrain).

A l'aide de données issues du travail réalisé par une autre étudiante auprès de six exploitations laitières de la proximité de Fqih Ben Salah (El Jaouhari, 2007), j'ai pu valider ce modèle sur des cas réels. Le travail mené auprès de ces exploitations consistait en un suivi mensuel avec proposition de rations adaptées au potentiel des animaux à chaque passage et observation des résultats lors du passage suivant. Nous disposions ainsi des rations détaillées mois par mois sur la durée du suivi (octobre 2006 à juin 2007) ainsi que des résultats laitiers.

Durant la seconde phase du stage, une fois sur le terrain et les enquêtes saisies, une typologie des exploitations adhérentes de la coopérative El-Badr a été construite à partir des données de l'enquête.

Pour cela, j'ai utilisé une combinaison des méthodes par enquête directe et à dire d'experts.

Dans un premier temps, à partir des données d'enquête, j'ai regroupé les exploitations comparaison de proche en proche. En effet, la population étudiée est suffisamment restreinte pour permettre un premier classement par types « à vue ». Les indicateurs utilisés plus tard comme entrées pour les simulations m'ont servi d'axes directeurs dans ce classement, tandis que certains critères utilisés en 2005 mais non significatifs pour les objectifs poursuivis ici étaient écartés. Ce premier regroupement m'a permis de repérer les principaux profils mais ne se voulait pas exhaustif : une part des exploitations n'était pas classée, se trouvant dans une situation difficile à rattacher à l'un ou l'autre type.

J'ai ainsi pu préciser des critères de tri en fonction des spécificités de la population étudiée ici et des objectifs de simulation, à partir desquels j'ai défini une clé typologique, permettant de rattacher les exploitations (avec un degré plus ou moins certain de ressemblance) aux profils définis.

Dans un second temps, les types définis ont été validés par discussion au cas par cas avec le président de la coopérative afin de vérifier que le profil auquel chaque exploitation était rattachée lui semblait en cohérence avec la connaissance qu'il en avait. Cette étape a également permis d'affiner le classement des exploitations en pointant les éleveurs manifestant un intérêt pour l'amélioration de leur production laitière en parallèle du rattachement aux pôles.

Cette dernière distinction n'est pas entrée en compte dans la constitution de la clé typologique car elle n'est appréhendable par aucun critère simple d'accès et nécessite une connaissance longue et approfondie de chaque exploitant. Par contre, elle a permis au moment des simulations à l'échelle

de la coopérative de ré-étalonner les poids de chaque type en ne prenant en compte que les exploitations susceptibles de suivre les évolutions modélisées.

Ensuite, à partir de cette typologie, j'ai défini un « profil type » pour chaque type d'exploitations, profils qui seront utilisés comme entrée pour la simulation.

Durant la phase de terrain, j'ai également mené des enquêtes complémentaires (entretiens ouverts) auprès de sept éleveurs afin d'approfondir certains thèmes : alimentation des jeunes et conduite de l'atelier viande par exemple. Ceci m'a permis de valider ou de modifier certaines des hypothèses faites durant la construction du simulateur.

En concertation avec les encadrants du stage, nous avons enfin déterminé des scénarios d'évolution à explorer, en fonction des objectifs poursuivis : augmentation de la production laitière, économie de l'eau d'irrigation, optimisation de la valorisation des surfaces... Ces scénarios ont été testés pour chaque profil type et les marges d'évolutions ainsi déterminées ont été intégrées à l'échelle de la coopérative.

3 Résultats

3.1 Base de données⁴ :

Afin de stocker et gérer plus facilement les informations collectées lors de l'enquête, une base de données a été conçue sous Microsoft Access. Elle regroupe les informations en différentes fiches selon le thème abordé, toutes reliées à une table mère concernant l'exploitant.

L'enquête menée auprès des exploitants adhérents de la coopérative laitière El Badr regroupe 68 individus. Nous pouvons observer parmi ces individus plusieurs tendances concernant les cultures pratiquées et les animaux possédés. Quel que soit le critère étudié, on obtient des écarts types toujours très importants (tableau 1) qui témoignent d'une grande diversité des exploitations au sein de cette population.

Tableau 1. moyenne et écart types pour les principaux critères observés.

	effectif total du troupeau	nombre de Vaches Laitières	part VL (%) du troupeau	part veaux <6 mois (%) du troupeau	chargement	SAU (ha)	part SFP (%) de la SAU	part luzerne (% de la SFP)
moyenne	10.91	3.95	37.61	19.82	6.84	3.20	48.32	90.06
écart type	7.01	2.70	9.13	10.07	3.98	2.49	17.76	18.23
médiane	10.00	3.00	36.04	20.00	6.53	2.50	47.69	100.00

3.1.1 Surfaces cultivées

L'observation des fréquences de classe pour la surface agricole utile (SAU) des exploitations révèle une très large majorité de petites exploitations inférieures à 3ha (figure 1). Le décalage de la moyenne (3,2 ha) par rapport à la classe majoritaire (1 à 2 ha) s'explique par la présence de quelques « très » grandes exploitations possédant plus de 7 hectares; ce que confirme la médiane située à 2,5 ha (tableau 1). Mais ces cas restent très exceptionnels (seulement 9 exploitations sur 68 possèdent plus de 5 ha, soit 13,3% de la population).

Figure 1. Répartition des exploitations selon la Surface Agricole Utile

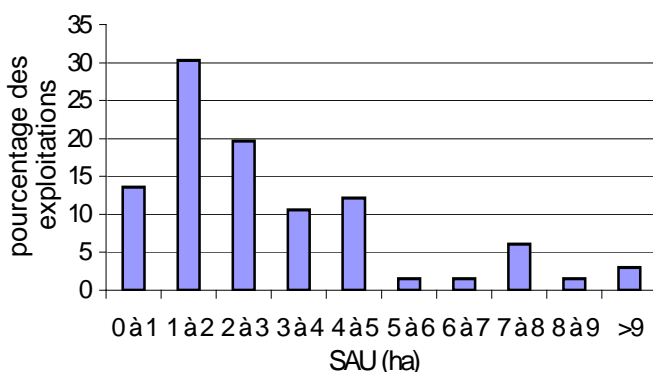
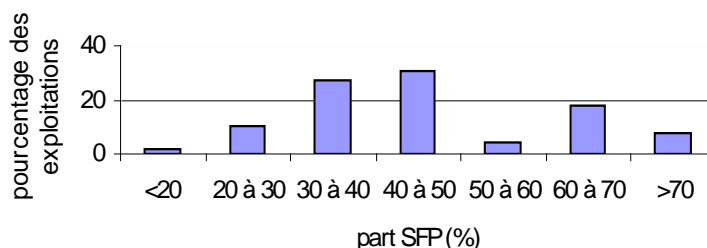


Figure 2. Répartition des exploitations selon la part représentée par la SFP dans la SAU

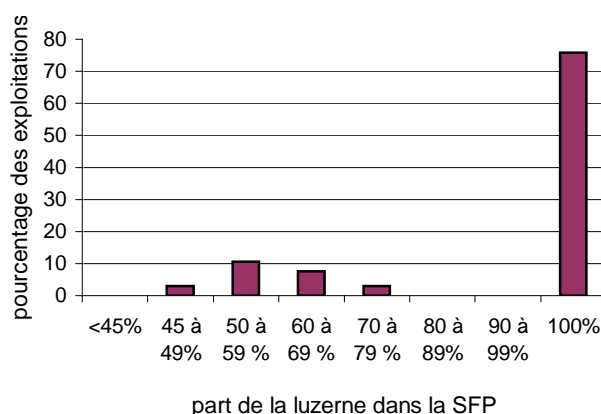


La part représentée par la surface fourragère principale (SFP) dans la SAU présente une répartition nettement bimodale (figure 2). Nous avons considéré comme SFP les parcelles emblavées au moment de l'enquête en luzerne, orge, bersim (trèfle d'Alexandrie) et maïs. Deux types d'exploitations semblent se dégager : des exploitations sur lesquelles les fourrages représentent entre 30 et 50% des cultures, le reste étant la plupart du temps dédié au blé tendre, à la fève ou à l'arboriculture (olivier en large majorité), et des exploitations exclusivement fourragères.

La part de la luzerne au sein de la SFP montre que cette culture domine clairement les systèmes fourragers (figure 3) : en grande majorité, les exploitants ne cultivent que la luzerne, et elle constitue la ration de base apportée à leurs bovins (luzerne verte + paille + foin de luzerne une partie de l'année). La médiane est d'ailleurs située à 100% alors que la présence de quelques exploitations aux cultures fourragères diversifiées décale la moyenne vers 90%.

D'après les données collectées, très peu d'exploitants ont recours à d'autres cultures fourragères. Parmi elles, c'est l'orge fourragère qui apparaît en premier, certains éleveurs en achetant pour leurs animaux lorsqu'ils ne la produisent pas eux-mêmes. Seuls trois exploitants cultivent du maïs, et quatre du bersim. Mais ces résultats sont à mettre en relation avec l'exceptionnelle sécheresse de l'année écoulée qui a entraîné des restrictions d'eau même au sein du périmètre irrigué et donc incité les exploitants à changer leur assolement (limitation des cultures pour assurer la survie des luzernières). D'après le président de la coopérative, en « temps normal », près de la moitié des adhérents cultive du maïs pour distribuer en vert ou pour ensiler.

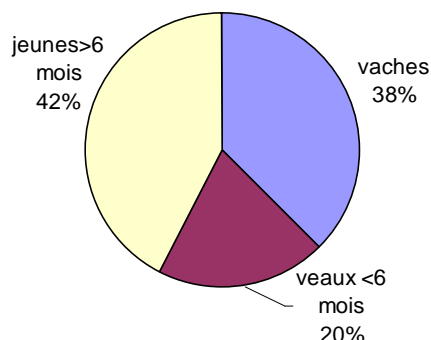
Figure 3. Répartition des exploitations selon la part représentée par la luzerne dans la Surface Fourragère Principale



3.1.2 Troupeaux

Pour la grande majorité, les troupeaux sont mixtes : les vaches adultes représentent dans 85% des cas entre un quart et la moitié seulement du troupeau total (en nombre de têtes, veaux inclus). Les génisses sont exclues de ce compte car elles ne sont pas forcément de futures laitières dans l'exploitation : la plupart seront vendues au même titre que les mâles, pour la viande ou pour la revente à d'autres exploitations. Les veaux et jeunes à l'engraissement (taurillons et génisses de plus de six mois) représentent une part importante du cheptel.

Figure 4. Composition moyenne d'un troupeau



⁴ Voir le fonctionnement de la base de données en ANNEXE C :

Les effectifs totaux sont par conséquent élevés (figure 5) alors que les effectifs de vaches laitières (femelles adultes, en lactation ou tarées) sont relativement faibles (figure 6) avec une moyenne de 4 vaches par exploitation.

Figure 5. Répartition des exploitations selon les effectifs adultes des troupeaux (en nombre de têtes, veaux de six mois exclus)

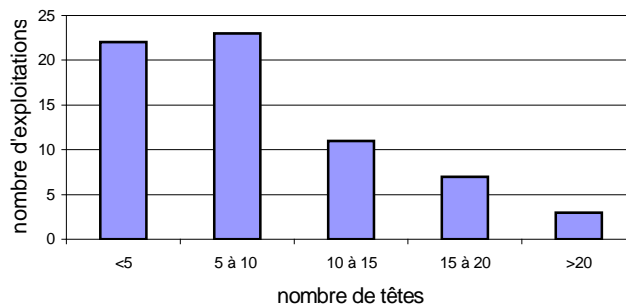
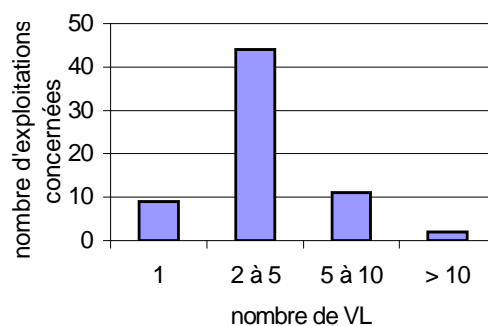
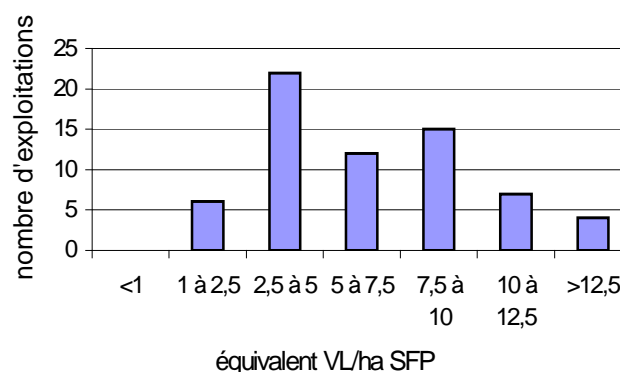


Figure 6. Effectifs de vaches laitières adultes (tarées ou en lactation)



Il résulte de ces grands troupeaux et des faibles surfaces fourragères décrites précédemment des chargements très importants (figure 7). Une part des exploitations possède des chargements qui peuvent encore être qualifiés de relativement faibles (42% des exploitations ont un chargement de moins de 5 EVL -équivalent vache laitière- par ha). D'autres atteignent des valeurs qui les apparentent à l'élevage hors sol (9,5 EVL pour 0,4 ha de luzerne dans le cas le plus extrême, soit un chargement de presque 24 EVL par hectare !).

Figure 7. Chargement en nombre d'équivalents vache laitière (EVL) par hectare de SFP.
 Veau de moins de six mois : 0,25 EVL ; Taurillon ou génisse : 0,5 EVL ; Animal adulte : 1 EVL



3.2 Typologie

3.2.1 Critères de classement retenus⁵

La typologie étant une première étape devant nous permettre de déterminer des profils types d'exploitations pour lesquels seront simulées différents voies d'évolution, nous avons cherché à classer les exploitations surtout en fonction de leurs potentialités d'évolution. Une première distinction prend en compte la part occupée par les cultures fourragères dans la SAU. En effet, une exploitation ayant 100% de sa SAU en fourrages ne pourra augmenter l'alimentation de ses troupeaux que par achat ou par substitution d'une culture fourragère à une autre, ou en réduisant son chargement. En revanche, une exploitation possédant des surfaces non fourragères peut potentiellement augmenter sa SFP, mais au détriment des cultures non fourragères.

En parallèle, le critère SAU est utilisé, mais avec un poids assez faible (coefficient 0,1). Ce critère permet de compter dans la catégorie « SF limitée par le foncier » à la fois les exploitations où la SAU est saturée en fourrages et celles où elle ne l'est pas mais est si réduite (SAU de l'ordre de 1,5 à 2 ha) que les possibilités d'augmentation de surfaces fourragères sont de fait très limitées.

De façon à distinguer les exploitations favorisant la spéculation laitière de celles produisant lait et viande avec la même importance, nous avons introduit un critère portant sur la proportion de mâles au sein des troupeaux. En effet, la plupart des troupeaux étant à vocation mixte, une très forte proportion de mâles y est observée (taurillons à l'engraissement et taureaux). Au contraire, d'autres troupeaux ne présentent en plus des vaches laitières que leur suite jeune (moins de six mois) et éventuellement une ou deux génisses (qui peuvent être considérées comme du renouvellement) ou un taureau (qui peut être considéré comme le reproducteur). Ce critère permet de distinguer des troupeaux à « structure laitière » et des troupeaux à « structure mixte ».

En pratique, la distinction n'est pas aussi évidente. En effet, si la structure mixte (lait et viande) de certains troupeaux est indiscutable, il est moins sûr que la structure « laitière » de certains autres ne soit pas due qu'aux circonstances. Dans de très petits troupeaux, il est difficile de savoir si le taureau unique est un reproducteur ou un taurillon pas encore vendu. Inversement, si pour une vache seule, l'éleveur possède un taureau, il peut s'agir d'un reproducteur alors que la proportion de mâles dans le troupeau est de 50%. Cependant, malgré ces imprécisions, le classement obtenu correspondait aux orientations réelles des éleveurs, d'après ceux que nous avons pu consulter.

3.2.2 Description des types

Nous obtenons donc un premier pôle « exploitations limitées par le foncier » (Type A), au sein duquel une subdivision peut se faire entre les éleveurs « laitiers » (type A-1) et les éleveurs « mixtes » (Type A-2).

Un second pôle « exploitations diversifiées » (présence de cultures non fourragères) où l'élevage bovin n'est pas la seule spéculation (Type B). La même division peut être faite ici entre éleveurs « laitiers » (Type B-1) et éleveurs « mixtes ». Parmi ces derniers, nous avons observé encore une différenciation : certains éleveurs, malgré la structure clairement mixte de leur troupeau (fortes proportions de jeunes à l'engraissement et de mâles) possèdent une ou plusieurs vaches de génotype amélioré et semblent investir dans l'équipement laitier (achat de pots trayeurs, bidons aluminium...). Nous pouvons donc distinguer les éleveurs purement mixtes, pour qui le lait est un coproduit de la viande (Type B-3) et ceux qui cherchent visiblement à améliorer leur production laitière (Type B-2). Cependant on ne peut déterminer si cette évolution représente une volonté d'améliorer la production laitière tout en conservant le système mixte ou de tendre vers un troupeau à structure laitière. Nous avons en effet obtenu autant de réponses différentes à ce sujet que nous avons enquêté d'éleveurs.

⁵ Détail de la clé typologique en ANNEXE D :

		Type A-1	Type A-2	Type B-1	Type B-2	Type B-3
nombre d'exploitations		10	18	13	12	15
SAU (ha)	moyenne	1,77	1,75	3,23	6,35	3,35
	médiane	1,4	1,55	2,50	4,90	3,00
	écart type	1,23	0,83	2,12	2,68	2,01
SFP (ha)	moyenne	1,19	1,05	1,21	2,83	1,27
	médiane	0,75	1,00	0,80	2,40	1,00
	écart type	0,83	0,55	1,14	1,54	1,23
nb vaches laitières	moyenne	2,9	2,94	3,23	7,17	3,93
	médiane	2,5	3,00	3,00	6,50	3,00
	écart type	1,58	1,43	1,53	2,79	3,07
total troupeau (>6 mois)	moyenne	5,9	7,50	5,08	14,92	9,33
	médiane	4,00	7,00	4,00	14,50	9,00
	écart type	4,66	3,88	2,34	5,38	5,63
VL / ha SFP	moyenne	2,89	3,22	3,78	2,95	3,69
	médiane	2,28	2,58	3,33	2,64	3,33
	écart type	1,57	1,94	1,96	1,36	1,55
total têtes / ha SFP	moyenne	5,34	8,01	5,92	6,10	9,36
	médiane	3,90	7,17	4,55	5,36	9,00
	écart type	3,26	4,88	3,06	2,62	4,26

Tableau 2. Caractéristiques des différents types définis

Comme l'avait montré l'analyse statistique (paragraphe 3.1), la population étudiée présente une grande diversité. Cette diversité se retrouve au sein même des types puisque bien que les exploitations correspondent à un même « profil » global, les écarts types sont toujours importants. Les types obtenus devant permettre de définir des « exploitations types » pour les simulations, il est intéressant de noter que, si on observe un accroissement de la SAU pour les exploitations diversifiées (type B), les surfaces fourragères restent comparables. On pourra donc représenter les « grandes » exploitations diversifiées comme de « petites » exploitations spécialisées à côté desquelles s'ajouteraient d'autres cultures.

3.3 Simulateur

3.3.1 Description et fonctionnement du simulateur

Ce simulateur permet de prévoir les quantités de lait produites et les résultats économiques pour différents schémas d'exploitations.

Le principe était de croiser offre alimentaire et demande du troupeau de façon à connaître la production laitière réelle et à suivre ses évolutions en fonction de différentes modifications de la conduite.

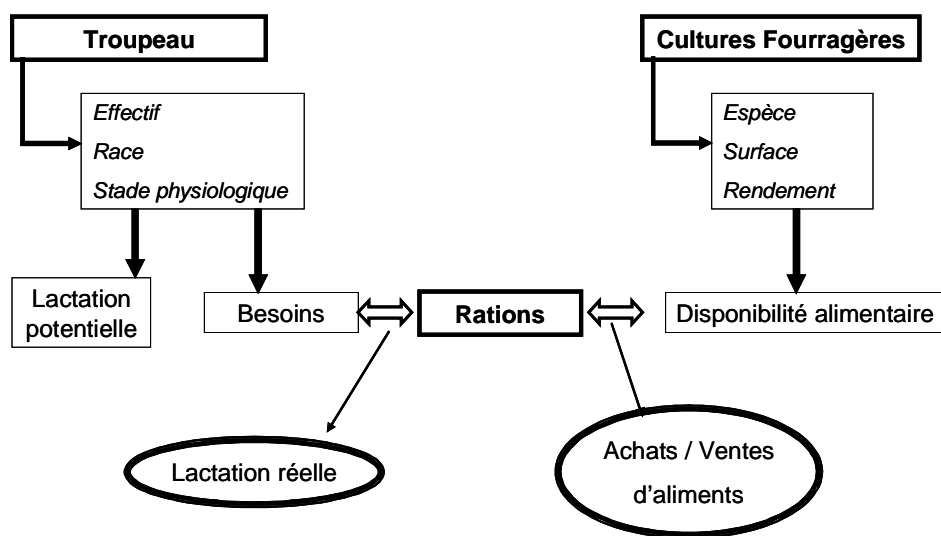
Sur le fond, le simulateur s'articule donc en quatre grands modules :

- un module « demande » découlant de tous les paramètres concernant le troupeau : effectif du troupeau, potentiel de lactation, poids des vaches, stade physiologique des laitières, objectifs de croissance des veaux;
- un module « offre » découlant des paramètres concernant les aliments : surfaces emblavées, types de fourrages cultivés, rendement, courbe de pousse, mode de conservation;
- un module « rations » à l'intersection des deux modules précédents : les rations sont considérées comme une entrée, on en déduit les apports nutritifs (à comparer aux besoins du troupeau) et les besoins en fourrages (à comparer à l'offre des surfaces) ;
- un module « économique » calculant la valeur ajoutée brute sur l'atelier bovin en fonction des produits viande et lait et des consommations intermédiaires occasionnées par les cultures, les achats d'aliments et les frais vétérinaires.

Le simulateur conçu est un modèle statique : contrairement aux modèles dynamiques qui intègrent le temps comme une variable dans leur fonctionnement, celui-ci représente une seule année. On peut éventuellement rendre ce modèle « artificiellement » dynamique en faisant tourner le simulateur autant de fois que l'on veut représenter d'années, chaque nouvelle simulation intégrant alors les résultats de la précédente comme entrée.

Afin de représenter les variations saisonnières, tant en terme de ressources fourragères que de production laitière, le fonctionnement du modèle est mensualisé. Les rations distribuées étant elles mêmes entrées mois par mois, l'offre des surfaces est confrontée à cette demande par l'intermédiaire d'un gestionnaire de stock mensuel. De même, le troupeau est divisé en douze lots, correspondant aux mois de vêlage des animaux. Le modèle évalue donc pour chaque mois la demande globale du troupeau en fonction du stade physiologique de chaque lot, et confronte mois après mois ce besoin avec les apports proposés par la ration (figure 8).

Figure 8. Principe de fonctionnement du simulateur



En sortie du simulateur, un bilan annuel de la production laitière, des achats et ventes d'aliments, ainsi que des résultats économiques de l'élevage bovin, est proposé.

Sur la forme, le simulateur comprend deux pages d'entrées. L'une est consacrée aux données relatives à la fois au troupeau (effectifs par mois de vêlage, potentiel de lactation, âge, poids, prix des veaux à la vente, quantité de lait consommée par les veaux et prix du lait à la vente) et aux cultures fourragères (surfaces, rendements, courbe de pousse au long de l'année, consommation en eau et stock initial de fourrages conservés). La seconde page d'entrées est consacrée uniquement aux rations distribuées.

Une série de douze pages représente le troupeau, calculant mois par mois les besoins des animaux en fonction de leur stade de lactation et les comparant à l'offre proposée par la ration. Elles fournissent en sortie une comparaison entre lactation potentielle et lactation permise par la ration, la lactation réelle correspondant chaque mois au minimum des deux. A ces 12 pages s'ajoute une page consacrée aux veaux et jeunes à l'engraissement calculant la quantité de lait consommée par les veaux et les quantités d'aliment à acheter pour leur engraissement.

Une page « ressources » calcule les ressources disponibles sur l'exploitation à partir des surfaces cultivées. Cette page fonctionne comme un gestionnaire de stocks et permet de connaître les quantités d'aliment (foin et ensilage de maïs) à acheter pour compléter la ration ou à vendre en cas de surplus. Pour les fourrages verts, les surplus non consommés par les vaches soit sont distribués aux jeunes (orge, bersim) soit alimentent le stock de foin (luzerne).

Le simulateur offre donc comme sorties une quantité de lait produite (comparaison production réelle / production potentielle), une quantité de lait livrée à la coopérative (après déduction du lait bu par les veaux et autoconsommé par la famille), un bilan des achats et vente d'aliments (fourrages et concentrés) et des quantités d'eau consommée, et la valeur ajoutée brute pour l'élevage bovin (produit lait et produit viande comptabilisés).

3.3.2 Hypothèses de construction

L'objectif est ici non de représenter fidèlement la réalité mais de mettre en exergue les conséquences de certaines décisions de façon à susciter la réflexion des interlocuteurs. Nous avons donc accepté un certain niveau d'imprécision par rapport à la réalité en basant notre modèle sur quelques hypothèses simplificatrices, nécessaires compte tenu du support informatique choisi.

Toute la construction du simulateur repose sur la supposition que seuls l'alimentation et le potentiel de lactation limitent la production de lait. Dans la réalité, ce n'est bien sûr pas le cas. Les problèmes sanitaires ont un poids très important, surtout auprès des vaches Holstein importées qui, d'après les éleveurs, sont beaucoup plus fragiles et souffrent du choc du voyage et du changement d'environnement (climat, alimentation et environnement sanitaire différents).

Le pas de temps retenu pour la construction du modèle est un pas de temps mensuel. Les paramètres sont donc mensualisés, pour le troupeau comme pour les cultures. On a ainsi défini, à partir des observations effectuées par Puillet en 2005, une courbe de pousse annuelle pour chaque fourrage. Elle donne mois par mois une « intensité de pousse » qui est ensuite croisée avec le rendement annuel de la culture (issu des moyennes observées par Touzani, 2006) pour connaître la quantité disponible chaque mois. Les besoins des animaux sont calculés à partir des références fournies par les tables INRA 2007. Ils sont eux aussi mensualisés en fonction du stade de lactation.

Les rations fourragères pour vaches en lactation et vaches tarées sont détaillées par mois calendaire, leur composition dépendant essentiellement des ressources présentes sur l'exploitation, donc de la saison. Par contre, la ration de concentrés est mensualisée en fonction du mois de lactation, de façon à adapter au mieux l'apport de concentrés (disponibles toute l'année) à l'évolution du besoin des vaches.

Du fait de la rigidité du tableur Excel, certaines hypothèses simplificatrices ont dû être prises. Ainsi, toutes les vaches du troupeau sont considérées comme identiques (race, poids, potentiel laitier, intervalle vêlage-vêlage...). Leur date de vêlage est la seule distinction entre elles, qui les répartit en lots. Il est donc impossible de modéliser un troupeau mixte Holstein et vaches croisées par exemple. En effet, les besoins et potentiels des vaches croisées et des vaches Holstein étant différents, cela nécessiterait le dédoublement de chaque lot en un lot croisé et un lot Holstein, ce qui porterait le simulateur à 24 pages décrivant le troupeau. Pour éviter la création d'un outil trop lourd, nous avons donc fait le choix de travailler sur un animal moyen.

De même, l'alimentation des veaux n'étant pas ici considérée comme une entrée mais comme une conséquence de ce que les mères n'ont pas consommé, nous avons dû fixer les fourrages utilisés pour nourrir les jeunes à l'engraissement. Ils sont donc nourris à partir de bersim et d'orge verts, et de foin de luzerne. Ils ne reçoivent pas de concentrés ni de luzerne verte, bien que ce soit pratiqué dans certaines exploitations. Mais la nécessité de se fixer sur un choix d'alimentation empêche ici la modélisation de la grande diversité des pratiques.

Nous avons également fixé le choix des fourrages cultivés. Le simulateur prévoit la culture de luzerne, d'orge fourrager, de bersim, et deux types de culture de maïs : maïs de printemps et maïs d'été. Au Tadla, les semis du maïs s'échelonnent de mars à juin. On peut donc avoir simultanément un maïs mûr et un en train de lever dans la parcelle voisine. Il n'y a pas de semis trop précoce en raison du froid ; ni de semis trop tardifs à cause de la disponibilité réduite en eau durant le plein été. Pour la fabrication du foin de luzerne, nous avons considéré que tout reste de luzerne au champ est

transformé en foin, quelle que soit la saison. En effet, la production est si faible en hiver qu'elle est de fait totalement consommée. Et si tel n'était pas le cas nous faisons l'approximation que la quantité restante constitue un report sur pied qui sera récolté plus tard.

3.3.3 Utilisation du simulateur : renseignement des entrées par itérations

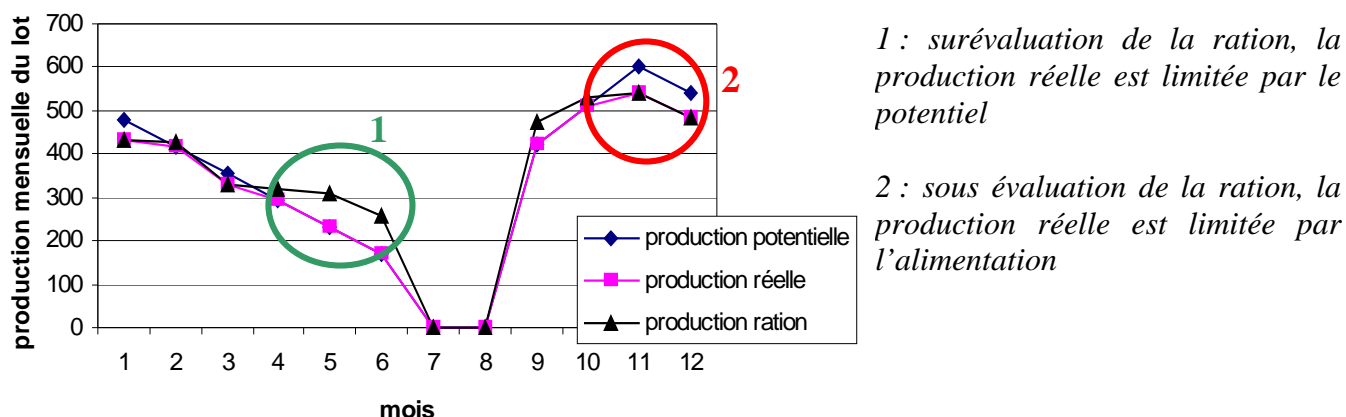
Une fois les paramètres concernant le troupeau et les surfaces fourragères renseignés, les rations peuvent être indiquées. Dans une démarche de simulation d'un cas réel, les rations seront entrées telles qu'elles sont pratiquées par l'éleveur, et confrontées à l'offre des surfaces et à la demande des animaux afin de mettre en évidence d'éventuelles périodes difficiles.

Par contre, dans une démarche de simulation d'un cas hypothétique (exploitation type virtuelle ou recherche d'amélioration pour un cas réel), les rations ne sont a priori pas connues. On va donc chercher la ration optimale en fonction de la configuration d'exploitation choisie et des objectifs de production fixés.

L'élaboration de la ration procède par allers retours avec les pages « troupeau » de façon à veiller à couvrir les besoins des animaux de manière satisfaisante (saturation de la capacité d'ingestion, réalisation du niveau de lactation fixé comme objectif). En parallèle, on effectue également des allers-retours avec la page « ressources » de façon à veiller à ce que l'exploitation soit capable de fournir la quantité de fourrages verts envisagée. Pour les fourrages conservés, la quantité manquante est automatiquement comptée en achat. Cependant, le foin de luzerne étant relativement cher, il faut veiller à limiter au maximum cette dépense : la page « calcul économique » peut ainsi être utilisée comme « voyant d'alerte » pour ré-étalonner la ration distribuée.

Dans les simulations, le renseignement de la page « rations » se fait ainsi par compromis entre les objectifs en termes de couverture des besoins et les ressources disponibles sur l'exploitation. On peut de cette manière mettre en évidence des périodes de « soudure » au cours de l'année, où l'adéquation entre ressources alimentaires et besoins des animaux est particulièrement difficile à obtenir. La figure 9 donne un exemple de sortie observée sur une des pages « lot ». On observe que dans cette situation, la ration est plus riche qu'il n'est nécessaire au printemps (mois 4 à 6) tandis qu'elle est insuffisante en hiver (mois 11 à 1), période où la production des luzernières est la plus basse. La période de soudure est d'autant plus marquée pour ce lot qui vèle en septembre, et dont le pic de lactation correspond au plein hiver. Dans cette situation, une réévaluation à la baisse des rations estivales permettra peut être de conserver plus de fourrages pour l'hiver.

Figure 9. Comparaison entre lactation potentielle et lactation permise par la ration

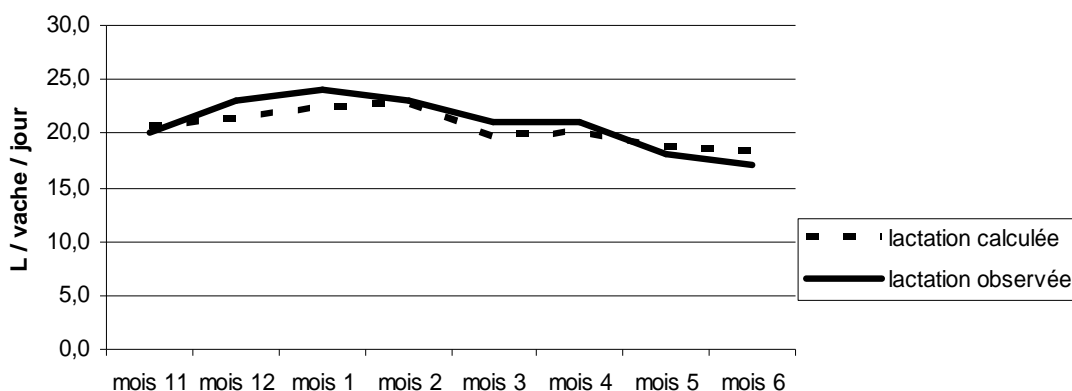


3.3.4 Validation du simulateur

Le simulateur a été validé en le faisant tourner sur les cas suivis par El Jaouhari en 2006-2007.

La comparaison entre les résultats observés et les résultats de simulation donne un écart maximal de l'ordre de 2 litres par vache par jour sur une production de 22 à 24 litres, soit 7,7% d'erreur ce qui est une marge acceptable compte tenu des hypothèses et approximations qui sous-tendent le modèle. Par contre, la courbe d'évolution est bien la même : les périodes de chute de production ou de remontée sont bien traduites par le modèle.

Figure 10. Lactation moyenne par vache, comparaison entre observations et calcul par le modèle



Sur le plan de la gestion des surfaces, le modèle traduit également les périodes de manque. En effet, à plusieurs reprises, les éleveurs suivis ont dû avoir recours à des achats de fourrages verts: ceci se traduit dans le simulateur par un épuisement des ressources de l'exploitation.

Le principal décalage entre le modèle et la réalité intervient au niveau de la représentation des aléas (climatiques notamment). En effet, le modèle est initialement paramétré hors aléas climatique (rendements correspondant à une « année normale »). Or au cours du suivi, des chutes brutales et imprévues de production de la luzerne par exemple ont été observées en raison de la rigueur hivernale. Si la courbe de pousse ainsi observée lors du suivi a bien la même allure que celle choisie dans le modèle, ses variations peuvent être plus ou moins accentuées en fonction des spécificités de l'année (froid hivernal ou sécheresse par exemple).

Afin de représenter les aléas climatiques, il faut construire un nouveau scénario prenant en compte leur effet sur les cultures (réduction de rendement à certaines périodes de l'année). La courbe de pousse est modifiable en fonction des particularités observées et peut ainsi représenter de manière plus fidèle les conditions du terrain.

3.4 Simulations

3.4.1 Description des profils types

Trois profils types ont été retenus pour constituer les scénarios de référence de la simulation :

- Petites exploitation spécialisées en lait : SAU de 2 ha, entièrement en luzerne. Trois vaches laitières de race croisée et leur suite, vendue à six mois d'âge.
- Petites exploitations mixtes : SAU de 3 ha, entièrement en luzerne. Trois vaches de race croisée et leur suite, élevée jusqu'à 18 mois.
- « Grandes » exploitations diversifiées : 5 à 6 ha de SAU dont 3 ha de fourrages (luzerne). Pour la modélisation, les entrées en terme de surfaces et d'effectifs seront donc les mêmes que pour les petites exploitations puisque le simulateur ne représente que l'atelier bovin. Par contre, la présence de surfaces occupées par des cultures non fourragères permettra d'explorer le scénario « augmentation de la SFP ».

Le tableau 3 rappelle les principales caractéristiques des différents profils types et indique leurs résultats techniques tels que calculés par le simulateur.

	SFP (ha)	nombre de vaches laitières	âge des veaux à la vente (mois)	quantité de lait livré (L/an)	recette lait (Dh/an)	recette viande (Dh/an)	achats de foin (Dh)	achats de coccinellés (Dh)	VAB atelier bovin (Dh/an)
petite laitière	2	3	6	10 140	27 890	18 000	9 740	8 064	17 044
petite mixte	3	3	18	10 090	27 768	42 000	27 156	8 064	16 068
grande diversifiée	3	3	18	10 090	27 768	42 000	27 156	8 064	16 068

Tableau 3. caractéristiques et résultats des trois profils types

3.4.2 Scénarios explorés :

Dans toutes les simulations, nous avons supposé que le potentiel laitier des vaches était toujours atteint. Nous nous sommes basés sur un potentiel laitier de 7000kg par lactation pour les vaches Holstein, 1000 kg pour les vaches de race locale et 4000 kg pour les vaches de race croisée (moyenne entre le potentiel Holstein et le potentiel local, Srairi et al., article à paraître).

Cette hypothèse permet de disposer d'une base fixe pour les comparaisons. De plus, le travail de suivi d'exploitations mené en 2007 (EL Jaouhari 2007) a montré qu'un appui technique individuel sur le rationnement permettait d'atteindre ce potentiel. On considère donc acquis le fait qu'une meilleure gestion du rationnement permet de réaliser le potentiel des animaux et s'intéresser ici aux leviers permettant d'améliorer l'alimentation.

Dans nos simulations, l'augmentation de production laitière au sein d'une exploitation passera donc soit par l'accroissement du cheptel, soit par l'augmentation du potentiel laitier des animaux (passage en race Holstein). Pour chacun des changements de conduite explorés (tableau 4), la question posée sera donc : ce changement permet-il d'ajouter une vache laitière identique à celles déjà présentes ? Et/ou permet-il de convertir le troupeau, à effectif constant, en race de plus haut potentiel ?

	vente précoce des veaux	changement d'assolement	augmentation des rendements
petite laitière	6 mois => 1 mois	conversion luzerne => Orge ou maïs	économie d'eau => meilleure irrigation des luzernières
petite mixte	18 mois => 12 mois si passage en Holstein	conversion luzerne => Orge ou maïs	économie d'eau => meilleure irrigation des luzernières
grande diversifiée	18 mois => 12 mois si passage en Holstein	conversion blé => Orge ou maïs	

Tableau 4. Présentation des différents scénarios explorés

a) Ventes précoces :

Il a été vérifié par enquête auprès des agriculteurs que les veaux Holstein se vendent mieux en raison de leur plus grande taille et parfois de leur potentiel génétique en tant que reproducteurs. On peut vendre à 12 mois un veau Holstein au même prix qu'un croisé à 18 mois.

b) Changements d'assolement :

Remplacement de la luzerne

La luzerne étant le plus consommateur en eau parmi les fourrages cultivés sur le périmètre, la conversion d'un hectare de luzerne en un autre fourrage (maïs ou orge) doit permettre une économie d'eau.

Ces scénarios s'accompagnent donc d'une seconde étape : avec l'eau économisée, on suppose que les luzernières pourront être mieux irriguées. Nous avons donc testé dans un deuxième temps le scénario selon lequel grâce à cette réorientation de l'eau, le rendement des luzernières augmente légèrement (le pas d'augmentation est estimé d'après Sraïri et al., article à paraître).

c) Cas des exploitations diversifiées : augmentation de la SFP

Ici, l'opportunité en terme de production fourragère ne porte pas sur la conversion d'une part de luzerne en un autre fourrage mais en la conversion d'une part de culture non fourragère en fourrages. Dans un souci d'économie d'eau, l'augmentation de SFP ne se fera pas par introduction de luzernière supplémentaires mais seulement de graminées (maïs ou orge fourrager) afin de s'assurer que la nouvelle culture fourragère ne soit pas plus dépensière en eau que la culture non fourragère qui la précédait.

Il s'agit donc dans un premier temps de comparer l'augmentation de VAB (sur l'atelier bovin) permise par un ha de SF supplémentaire, avec la VAB d'un ha de culture non fourragère. Le remplacement de l'une par l'autre est-il économiquement intéressant et dans quelle mesure ?

Les cultures non fourragères les plus répandues dans les exploitations étudiées sont le blé tendre et l'olivier. Les oliveraies pouvant accueillir des cultures fourragères sous leur couvert, l'un ne se fait pas au détriment de l'autre. Nous nous sommes donc intéressés au remplacement du blé tendre par l'orge fourrager ou le maïs ensilage.

3.4.3 Hypothèses de simulation :

Pour toutes les simulations, la répartition des vêlages est considérée homogène au long de l'année. Les effets de décalage entre production laitière estivale (« haute lactation ») et hivernale (« basse lactation ») ne seront donc dus qu'à l'alimentation.

Nous avons fixé deux rations de concentrés : une ration pour vaches croisées et une pour vache à haut potentiel, type Holstein. L'objectif n'étant pas d'accroître la production uniquement à partir de concentrés (la qualité du lait s'en ressent généralement), nous avons vérifié que la quantité de concentré par litre de lait reste égale d'une ration à l'autre.

Il est plus facile, par discussion avec les éleveurs, d'estimer l'âge moyen des animaux à la vente que leur poids, même si le prix de vente est établi en fonction de l'état de l'animal, donc de fait corrélé étroitement à son poids. Les prix de vente sont donc estimés à dire d'experts (à partir des discussions avec les éleveurs) tandis que les poids à la vente sont calculés à partir de l'âge des animaux et des objectifs de croissance d'une génisse laitière (tables Inra 2007, p.77- 78).

Les rendements des cultures correspondent aux moyennes observées par Touzani en 2006. Pour la luzerne, le rendement maximum constaté, 40 tonnes de matière verte par hectare, correspond à une irrigation de 20 200 m³/ha. Mais la consommation d'eau maximale, 21800 m³/ha, ne donne qu'un rendement de 26 TMV/ha. Ceci montre bien qu'en conditions réelles, le rendement des luzernières ne dépend pas uniquement de la disponibilité en eau. La gestion des irrigations (fréquence, moment de l'irrigation par rapport au cycle de la luzerne) joue également un rôle très important qui peut expliquer des rendements différents à consommation totale équivalente. Cependant, les exploitant étant soumis à un tour d'eau géré par l'office, ils n'ont pas de maîtrise sur ce dernier paramètre. Pour des raisons de simplification, nous avons fait l'hypothèse pour les scénarios de changement d'assolement que le rendement de la luzerne ne dépendait que de la quantité d'eau offerte.

3.5 Quelques résultats significatifs

Nous présentons ici certains des résultats de simulation obtenus qui permettent d'illustrer les potentialités de l'outil simulateur. L'ensemble des résultats des scénarios est reporté en annexe F.

3.5.1 Paramétrage d'un scénario de référence

Initialement, le scénario de référence de la petite exploitation mixte devait être le même qu'en petite exploitation laitière, mais avec engraissement des jeunes jusqu'à 18 mois.

En calant le modèle sur ces entrées, il est apparu qu'une exploitation ainsi paramétrée n'était pas viable. En effet, dans le cas de la petite exploitation laitière, les surfaces sont déjà saturées par les vaches laitières. L'élevage des veaux nécessite donc l'apport de fourrages extérieurs dont l'achat pénalise fortement l'exploitation. Le simulateur a ainsi permis de mettre en évidence une incohérence dans les scénarios de référence. La SFP a donc été ramenée à 3 ha de luzerne pour les exploitations mixtes.

Un des éleveurs rencontrés utilise un autre système d'alimentation des jeunes : ils sont nourris avec une ration à base de paille broyée et de concentrés (pulpe sèche de betterave, son de blé, orge, maïs). L'alimentation des jeunes est alors entièrement achetée (pas de broyeuse sur l'exploitation, la paille produite est distribuée aux vaches, la paille broyée des jeunes est achetée). Les deux ateliers lait et viande sont alors totalement découplés et il n'y a plus du tout de compétition alimentaire. Aux dires de l'éleveur, le produit de la vente des jeunes suffit à couvrir les dépenses alimentaires occasionnées pour eux, l'atelier est donc autonome. Nous avons pu vérifier par simulation qu'avec ce système d'alimentation des veaux, une exploitation mixte était viable même sur seulement 2ha comme en exploitation laitière. En effet, l'atelier viande étant conduit totalement en hors sol, la situation revient à une exploitation laitière avec une activité complémentaire annexe.

Bien que présentant un intérêt à titre de modèle, ce cas reste assez exceptionnel, et dans la majeure partie des cas, les jeunes et les vaches laitières sont bien en compétition alimentaire.

3.5.2 Choix entre deux options : augmentation du potentiel ou du cheptel ?

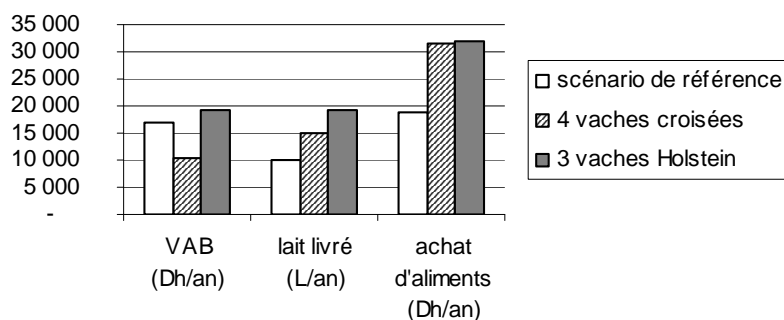
Pour les exploitations spécialisées en lait comme pour les exploitations mixtes, nous avons testé l'avancement de l'âge à la vente des veaux par rapport au scénario initial. L'âge des veaux à la vente a été ramené à un mois pour les exploitations laitières (contre six mois initialement) et 12 mois pour les exploitations mixtes (contre 18 initialement).

En effet, les éleveurs rencontrés ont confirmé qu'un veau de race Holstein peut se vendre bien plus cher qu'un veau de race croisée : par exemple, un veau de race Holstein de 12 mois se vendra à un prix équivalent à un veau de race croisée de 18 mois. Ceci grâce à sa plus grande taille (poids plus élevé à un âge moindre) et à sa valeur génétique (il pourra éventuellement être revendu comme génisse de renouvellement ou comme taureau reproducteur).

Dans le cas de l'exploitation mixte, la vente anticipée des veaux doit donc forcément s'accompagner du passage en race de grand format. En vendant les veaux plus jeunes, l'exploitation épargne du fourrage, qu'elle peut donc distribuer aux mères. Ceci peut permettre de couvrir les plus grands besoins de mères Holstein (à effectif constant). Ainsi, à recette égale pour l'atelier viande et à niveau d'achat d'aliments équivalent, on augmente la recette de l'atelier lait.

Pour les exploitations laitières, aux dires des exploitants, un veau d'un mois peut se vendre 3000 Dh s'il est d'assez bon potentiel (on entend par là potentiel boucher plus que laitier car la plupart seront vendus pour l'engraissement). Ici encore, l'économie de fourrage ainsi réalisée peut permettre soit de couvrir les plus grands besoins d'animaux de potentiel supérieur, soit de nourrir une vache supplémentaire (en restant en race croisée). La simulation de ces scénarios permet de comparer leurs résultats potentiels et de raisonner un choix entre les deux options.

Figure 11. Comparaison selon différents scénarios de quelques résultats technico économiques pour une exploitation laitière



L'ajout d'une vache croisée supplémentaire ferait monter la livraison à 14490 litres, mais économiquement, cette situation n'est pas intéressante, même par rapport au scénario de référence (figure 11) : en effet, il faut acheter plus de foin pour nourrir la nouvelle venue et le revenu supplémentaire du lait ne suffit pas à couvrir cette dépense. Ainsi, si ce scénario se révélerait intéressant pour la coopérative (augmentation de la quantité de lait produite), il se révèle défavorable pour l'éleveur (charges augmentées et diminution du revenu).

Par contre, à effectif constant, le passage en race de plus haut potentiel (Holstein par exemple) se révèle intéressant. En effet, même si les achats de foin sont légèrement augmentés, le surplus de lait produit permet cette fois de couvrir largement cette dépense.

3.5.3 Gestion des surfaces : changement d'assolement et économie d'eau

Dans ces scénarios, on cherche à améliorer à la fois la répartition des cultures fourragères sur l'année et l'utilisation de l'eau d'irrigation.

En convertissant un ha de luzerne en orge fourrager (culture hivernale essentiellement pluviale), l'exploitation réalise une économie sur l'eau d'irrigation : les cultures n'en consomment plus que 22840 m³ au lieu de 37680. Avec la quantité d'eau épargnée, on peut supposer irriguer d'avantage les luzernières restantes, et ainsi accroître leur rendement. Nous avons supposé que le rendement pourrait être augmenté jusqu'à 30 TMV/ha (contre 26,8 en scénario de référence) en utilisant toute l'eau épargnée par le changement de culture. Il faut souligner que ce niveau d'irrigation se situe bien au dessus de toutes les observations réalisées par Touzani en 2006. Le résultat économique pourrait donc encore être amélioré en considérant qu'on ne va pas utiliser toute l'eau épargnée.

D'une part, la production d'orge en saison de faible production de la luzerne permet de disposer d'une quantité de fourrages verts plus homogène sur l'année, ce qui pourrait participer à la réduction de la saisonnalité de production (figures 12 et 13) ; d'autre part, la nouvelle répartition de l'eau d'irrigation permet une production de fourrages supplémentaires.

Figure 12. Production de fourrages avec un hectare de luzerne et un hectare d'orge

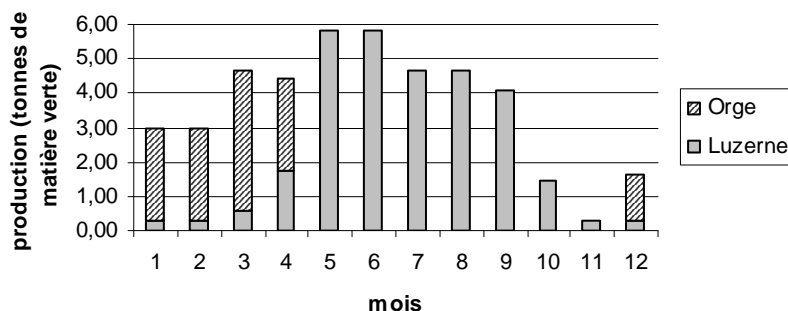
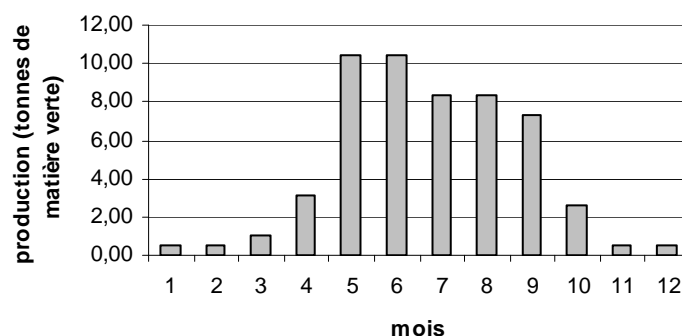


Figure 13. Production de fourrages avec deux hectares de luzerne



Cette situation permet le passage en race de haut potentiel (à effectif constant) et ainsi l'augmentation de la production laitière. Dans le cas d'une exploitation mixte, en combinant cette situation avec la vente à 12 mois des jeunes, on épargne encore des fourrages. Cependant, le changement d'assolement sur un seul hectare n'est pas suffisant pour introduire une vache supplémentaire : à production supérieure la situation économique serait moins favorable car les dépenses en fourrages sont plus grandes. Il semble que le seuil pour « faire la place » à une vache supplémentaire soit supérieur à un hectare (environ 1,5 ha).

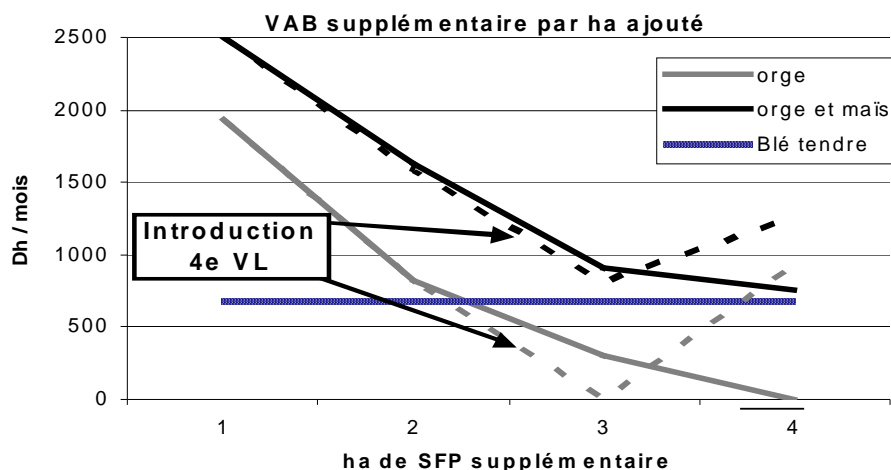
3.5.4 Détermination de seuils : cas des exploitations diversifiées, exemple sur une exploitation mixte

Nous supposons qu'à l'origine, l'exploitation possède 3ha de luzerne pour alimenter son troupeau, et un certain nombre d'hectares de blé tendre. Il s'agit donc d'un élevage de type « petite mixte » mais non limité par le foncier. Nous avons testé l'intérêt de la conversion du blé tendre en orge, en maïs, et en orge et maïs (orge d'hiver puis maïs d'été sur une même surface). Bien que présentant des risques pour le maintien de la fertilité des sols et l'état sanitaire des cultures, cette dernière succession est parfois pratiquée et permet une valorisation maximale de la surface.

Dans le cas de l'orge, et de la succession orge-maïs, on constate que l'agrandissement de la SFP d'un hectare est au départ très bénéfique car elle permet de débloquent les périodes de soudure (apport d'un fourrage vert pendant l'hiver par exemple). Par contre, le bénéfice apporté par chaque hectare supplémentaire converti en SFP va en décroissant, jusqu'à devenir moins intéressant que la culture du blé (voir figure 14). En effet, une fois tous les besoins du troupeau couverts, l'apport de SFP supplémentaire n'a plus d'intérêt autre que celui de libérer du foin de luzerne pour la vente. A ce stade, l'ajout d'une vache supplémentaire pénalise encore plus l'exploitation car le surplus de fourrage disponible n'est pas suffisant pour elle. Par contre, l'ajout combiné d'un hectare de SFP se révèle intéressant car il permet à nouveau de débloquent des périodes de soudure difficiles (figure 14, situation pour 4 ha ajoutés).

La situation évolue donc par paliers successifs, ce qui montre combien le raisonnement de l'opportunité de tels changements doit être mené au cas par cas et non à partir de règles générales.

Figure 14. Intérêt économique de la conversion d'un hectare de blé en culture fourragère



3.5.5 Intégration à l'échelle de la coopérative

Nous avons exploré deux scénarios globaux, en comparaison avec la situation actuelle : un « scénario bas » correspondant à placer tous les types en configuration des « profils types » définis précédemment (paragraphe 3.4.1) ; et un « scénario haut » où chaque type est placé dans la configuration qui maximise sa production laitière telle que déterminée lors des simulations individuelles.

A l'utilisation de l'outil de simulation s'ajoute ici celle de la typologie, qui permet d'affecter un poids au sein de la coopérative à chaque « profil type ».

Avec les 68 adhérents enquêtés et quelques livreurs occasionnels, la coopérative El-Badr a collecté près de 509.000 litres de lait en 2006 dont 400.000 litres apportés par les adhérents réguliers. Nous avons considéré que la quantité apportée par les non adhérents ne varierait pas.

De même, parmi les adhérents, certains sont peu susceptibles de faire évoluer leur exploitation, soit qu'ils n'en aient pas la volonté (n'attachant pas suffisamment d'importance à la production laitière), soit qu'ils n'en aient pas les moyens (absence fréquente du chef d'exploitation ou double activité, délégation à des ouvriers...). Nous avons donc également considéré que la part de lait apportée par ces exploitations était peu susceptible de varier.

Aussi les quantités de lait apportées par les livreurs occasionnels (109 000 L/an) et les quelques adhérents jugés non susceptibles d'évolution (30 000 L/an) sont elles considérées comme constantes dans les simulations (figure15).

Les figures 15 à 18 présentent les comparaisons entre situation actuelle, scénario bas et scénario haut pour quelques indicateurs de dimension (cheptel et surfaces totales) et de fonctionnement significatifs (principaux flux gérés par le coopérative : collecte de lait, achats de fourrages et de concentrés).

Figure 15. quantités de lait collectées par la coopérative : comparaison entre la situation actuelle et les deux scénarios explorés

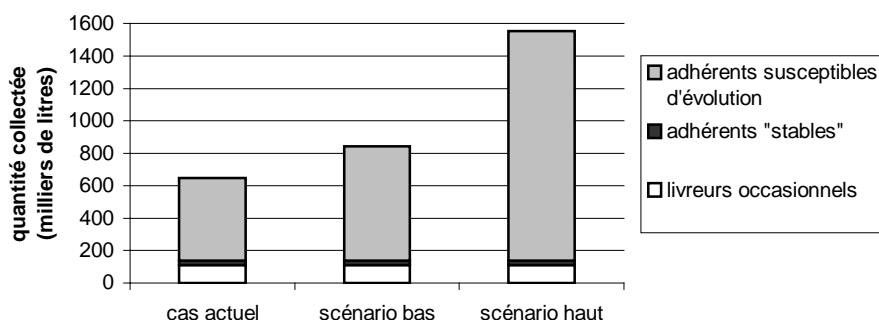


Figure 16. Composition du cheptel total à l'échelle de la coopérative

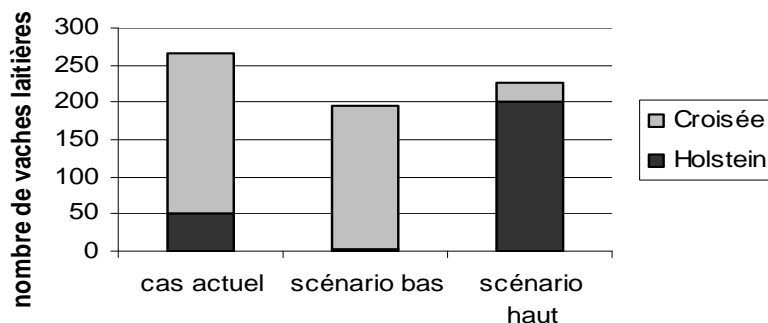


Figure 17. Surface fourragère globale à l'échelle de la coopérative

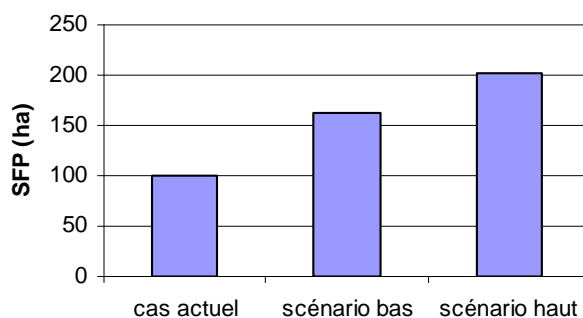
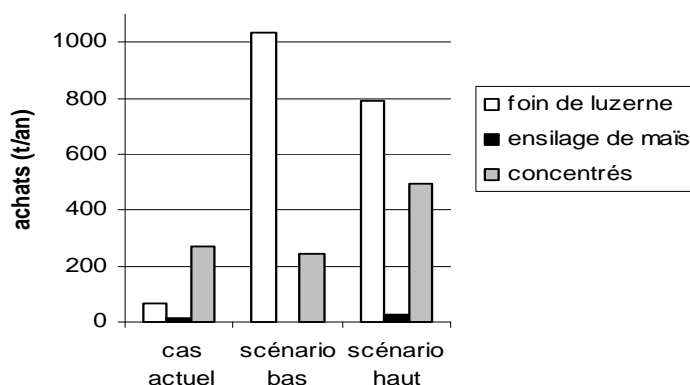


Figure 18. Achats d'aliments (fourrages conservés et concentrés)



On constate que la réalisation du potentiel laitier des animaux (scénario bas) nécessiterait un important remaniement de la situation actuelle : moins d'animaux au total (figure 16), mais plus de fourrages, pour une augmentation déjà conséquente de la production. Ce scénario nécessiterait une augmentation de la surface fourragère globale et des achats de foin (figures 17 et 18).

Si la possibilité de mise en place de cette situation reste discutable, la simulation joue bien son rôle d'outil d'appui à la réflexion en mettant en relief les chargements excessifs et la sous alimentation des troupeaux qui pénalisent actuellement la production. Elle montre également que même avec un cheptel plus réduit et uniquement de race croisée, la production totale peut être augmentée. Le premier levier pour l'amélioration des quantités produites semble donc être l'alimentation, et non le potentiel génétique des animaux, déjà largement sous exploité.

En scénario bas, si les achats de fourrages sont augmentés, les achats de concentrés, eux, sont considérablement réduits. Ce phénomène n'est plus vrai en scénario haut compte tenu de la forte proportion dans le cheptel de vaches de race Holstein (figure 16), dont les besoins alimentaires sont supérieurs.

4 Discussion

4.1 Définition des profils types

Les résultats obtenus par intégration à l'échelle de la coopérative (surface fourragère nécessaire plus importante qu'en situation réelle pour un cheptel moindre, achats de fourrages augmentés) amènent une remise en cause de la démarche adoptée pour la simulation. En effet, nous avons progressé linéairement depuis les exploitations jusqu'à la coopérative : l'étude des exploitations a permis de définir des profils types qui ont été utilisés pour simuler des évolutions à l'échelle des exploitations.

Ce n'est que dans un second temps que ces résultats ont été agrégés pour représenter des potentialités d'évolution pour la coopérative, et comparés à la situation actuelle. Peut-être aurait-il été plus juste de paramétrer les profils types en regard des caractéristiques actuelles de la coopérative (limitation de la SFP totale aux 100ha actuels par exemple) plutôt que de les baser sur un profil « moyen » issu de la typologie.

4.2 Restitution aux partenaires et conclusion sur le stage

Au terme de ce travail, une restitution des résultats obtenus était prévue devant l'ensemble des partenaires (bureau de la coopérative et adhérents). Cette phase aurait permis d'amorcer le débat autour des leviers d'évolution envisageables et ainsi de tester les simulations comme support de réflexion et d'animation. Cependant, pour des raisons de logistique (difficulté d'organiser un tel rassemblement dans le peu de temps qui restait imparti), cette assemblée n'a pu avoir lieu.

Les résultats obtenus ont donc fait l'objet d'une restitution directe au président de la coopérative, qui pourra les utiliser pour cibler les formations proposées aux adhérents. Il compte en effet utiliser la typologie pour classer les adhérents en fonction de leurs situations spécifiques et déterminer, en regard des potentialités d'évolution testées, les formations les plus appropriées pour chaque groupe. Ceci permettra de cibler l'auditoire lors de journées techniques, de façon que chacun reçoive la formation adaptée aux besoins de son élevage.

Comme nous l'avons montré à propos de la démarche suivie pour la simulation ou des limites induites par les supports informatiques utilisés, de nombreux points prêtent à discussion quant à la méthode adoptée. On peut également évoquer l'absence dans la fiche enquête (voir ANNEXE B :) de questions relatives aux intentions et aux objectifs de l'éleveur, ce qui a nécessité le recours à l'expertise du président de coopérative afin de distinguer les personnes susceptibles ou non de faire évoluer leur exploitation.

Cependant, la réalisation du travail prévu repose en grande partie sur l'atout majeur qu'a été la motivation des partenaires (coopérative El-Badr dont tous les adhérents ont accepté de se prêter à l'enquête) et leur qualité en tant que ressource. L'implication notamment de M. Anbari, président de la coopérative, qui a lui-même effectué l'enquête auprès des adhérents, puis assuré le rôle de contact, de conseil, et d'interprète tout au long du stage, a joué un rôle primordial dans l'aboutissement du stage.

4.3 Utilisation des outils

Au cours de ce travail, des outils d'appui au développement des coopératives laitières ont été conçus et testés. Se pose à présent la question de leur utilisation en conditions réelles : qui peut les prendre en main et comment ?

La coopérative El-Badr avec laquelle nous avons travaillé, et plusieurs autres coopératives proches de Fqih Ben Salah projettent de se réunir pour embaucher un conseiller agricole. Il s'agirait d'assurer un suivi des exploitations et des formations sur les sujets sensibles, à la demande et en ciblant le public parmi les exploitations concernées par ce point et motivées pour s'améliorer. Les

modalités de l'embauche ne sont pas encore précisément définies, mais le projet pourrait voir le jour d'ici à quelques années.

Ce type de situation est celui dans lequel les outils développés pourraient trouver leur application. Ils permettent en effet un suivi régulier des exploitations par l'intermédiaire de la base de données ; et une identification rapide, à l'aide de quelques indicateurs faciles à appréhender, du type auquel l'exploitation appartient (clé typologique). A l'aide du simulateur, une réflexion peut être menée avec un éleveur en particulier ou avec tout le groupe constitué par un type particulier, autour de l'un ou l'autre point à améliorer.

La forme actuelle du simulateur (tableur Excel) présente l'avantage d'être facilement accessible (et éventuellement modifiable) par l'utilisateur. Tous les calculs et les liens sont apparents ce qui facilite la compréhension du modèle. Par contre, les interfaces restent relativement austères, et les possibilités d'accès aux rouages des calculs peuvent également représenter un risque d'erreurs de manipulation.

De plus, un tableur est un outil en deux dimensions (lignes-colonnes), où le seul moyen d'accéder à une troisième dimension est la multiplication des feuilles de calcul, ce qui alourdit très vite l'outil. Pour garder un outil relativement maniable, il faut donc accepter certaines limites dans les situations représentables (voir les hypothèses de construction, paragraphe 3.3.2). Ainsi, par exemple, la nécessité de considérer un animal moyen empêche de modéliser certaines situations, pourtant courantes dans les exploitations, de mixité des races au sein du troupeau. Dans le cadre de simulations globales à l'échelle d'une coopérative, le modèle est suffisant pour déterminer des orientations générales et des objectifs vers lesquels tendre. Mais de telles rigidités du modèle peuvent être un frein à son application en situation de conseil individuel.

Ce problème de lourdeur qui incite à limiter les situations envisagées est typiquement lié à l'utilisation d'un tableur simple tel qu'Excel. Il pourrait éventuellement être contourné par l'adaptation de l'outil sous un autre langage.

4.4 Application de l'outil à d'autres contextes.

Tout au long de notre travail, nous nous sommes attachés à ce que les outils développés restent les plus souples possibles, de façon à pouvoir être réutilisés dans d'autres contextes.

Ainsi, hormis la fiche concernant l'équipement hydraulique de l'exploitation, qui reste spécifique d'un périmètre irrigué, la base de données est capable de décrire toute exploitation d'élevage bovin. Des options nouvelles en termes de cultures ou d'apports alimentaires peuvent être ajoutées par l'intermédiaire des tables « liste » alimentant les listes de choix des autres tables.

Le simulateur est également adaptable à un panel assez large de situations. Ayant été conçu pour un périmètre irrigué, il prévoit le calcul des charges occasionnées par l'irrigation des parcelles. Mais en cas d'utilisation en système pluvial, on peut éteindre cette chaîne de calculs en indiquant un besoin en eau d'irrigation nul.

Par contre, l'utilisation du tableur Excel pour la construction du simulateur, bien que profitable en raison de sa simplicité et de sa rapidité de mise en œuvre, oblige à bloquer certains paramètres. Par exemple, la liste des aliments peut être modifiée mais uniquement par remplacement d'un aliment par un autre. Cette opération n'a à être effectuée que dans la feuille 'données', source de tous les paramètres de base concernant les besoins des animaux et les valeurs alimentaires des fourrages et concentrés. Toutes les autres feuilles lui étant liées, le nom et les valeurs alimentaires du nouvel aliment seront automatiquement répercutés dans tout le document. Mais le nombre d'aliments reste limité à dix fourrages et trois concentrés.

De même, les pratiques en termes d'alimentation des veaux étant encore assez mal connues, nous n'avons pas considéré leur alimentation comme une entrée (contrairement aux adultes) mais comme une conséquence de la confrontation entre disponible et consommé par les mères. Par conséquent,

le régime des veaux n'est pas modifiable, sauf modification du fonctionnement du simulateur. Il pourrait être intéressant d'adapter le modèle de façon que la ration des jeunes soit une entrée, afin de tester différents régimes et déterminer un moyen de réduire la compétition alimentaire avec les laitières.

4.5 Approfondissements à explorer

Au terme de ce travail, il apparaît que certains aspects du fonctionnement des exploitations étudiées sont encore mal connus. C'est le cas notamment de la conduite de l'atelier viande. En effet, la grande majorité des troupeaux bovins au Tadla est à vocation mixte. Il en résulte souvent une compétition avec les femelles laitières pour la ressource alimentaire bien que, comme on l'a vu précédemment, certaines exploitations aient trouvé un système de découplage total des deux activités. Cette compétition peut pénaliser la production laitière, notamment en période de soudure. De plus, on peut se demander si les rations à base de luzerne verte, qui profitent bien aux laitières, sont les plus profitables aux jeunes en croissance.

Au cours de ce travail, j'ai mené auprès de quelques exploitations, des entretiens complémentaires sur ce sujet, mais dans le seul but d'éclaircir un peu la situation et d'être à même de renseigner les entrées du modèle. On ne peut donc toujours pas considérer que l'on sache vraiment comment sont nourris les jeunes. De plus, la principale conclusion que ces entretiens me permettent de tirer est qu'il y a dans ce domaine, comme bien souvent, autant de pratiques que d'éleveurs.

Un autre aspect peu abordé jusqu'ici est celui du renouvellement. Il n'a d'ailleurs pas été pris en compte dans le fonctionnement du simulateur. Les flux d'animaux au sein d'un élevage, même petit, sont en effet très complexes.

D'autre part, il semble qu'assez peu d'éleveurs élèvent leur propre renouvellement. Il est probable que ce phénomène ait des causes multiples. On peut évoquer d'une part la garantie que représente l'achat d'un animal importé quand à sa qualité génétique. Cependant, de l'avis des éleveurs consultés, ces animaux présentent également des inconvénients de fragilité (choc du changement de milieu).

La plupart des éleveurs *considèrent* qu'il leur revient moins cher d'acheter une génisse pleine (importée ou née au Maroc) que d'assurer pendant plus de deux ans les besoins d'entretien et de croissance d'un animal improductif. Le bilan économique strict du coût d'élevage d'une génisse n'est pas forcément plus élevé que le prix d'une génisse importée. Mais il semble plus difficile pour un éleveur d'assurer la dépense *régulière* nécessaire à l'élevage dans de bonnes conditions d'une jeune bête improductive, que d'effectuer un investissement peut être plus lourd mais ponctuel pour acheter une génisse prête. En effet, les jeunes engraisés sur l'exploitation servant de trésorerie, ils pourront être décapitalisés au moment de l'achat, et la nouvelle vache commencera bientôt à rembourser le prix de son achat par sa production laitière.

Cependant, conscients que le recours à des animaux achetés adultes comporte certains risques (aucune maîtrise du vécu de l'animal, de son alimentation, de sa croissance), certains éleveurs se disent intéressés par la mise en place de pépinières de génisses afin de pouvoir assurer leur propre renouvellement avec la sécurité d'une gestion collective. Cette voie de développement pourrait apparaître comme un autre levier d'amélioration des élevages laitiers.

Conclusion

Dans le contexte de multiplicité des petites structures du Tadla, et devant le désengagement progressif des structures publiques d'encadrement de l'élevage, l'appui nécessaire au développement des exploitations laitières semble devoir désormais passer par les coopératives de collecte, seules structures assurant un relais auprès des milliers de petits ateliers de production. Les différents acteurs de la filière laitière (producteurs, coopératives de collecte, industriel transformateur) s'accordant sur la nécessité d'accroître la production, un besoin en terme d'outils d'aide à la réflexion autour des voies d'évolutions possibles s'est dessiné.

Nous proposons trois outils adaptés à ce type de situation : une base de données permettant de connaître les exploitations adhérentes d'une coopérative en stockant et réactualisant les informations recueillies à leur propos ; une typologie d'exploitations permettant de catégoriser les adhérents en fonction de leurs potentialités d'évolution ; enfin, un simulateur permettant de modéliser les évolutions potentielles d'une exploitation et d'explorer les conséquences de divers changements de conduite.

Ces outils se veulent d'un accès simple afin d'être utilisables directement par un conseiller agricole. Nous avons cherché à ce qu'ils soient les plus ouverts possibles afin de trouver éventuellement leur application dans des contextes différents. Cependant certaines contraintes dues aux supports utilisés introduisent tout de même une limitation de la diversité des champs d'application.

L'expérimentation et la mise au point de ces outils sur le cas de la coopérative El-Badr nous a permis d'entrevoir leurs différentes applications possibles : mise en évidence de périodes de soudure, intérêt comparé de l'introduction d'un nouveau fourrage, détermination de seuils (surface fourragère à ajouter pour augmenter le cheptel par exemple)... Les leviers ainsi mis en évidence peuvent être des pistes de réflexion pour les éleveurs autour de solutions pour améliorer la gestion de leur atelier laitier et optimiser sa production.

Les outils proposés pourraient trouver leur mise en œuvre auprès de certaines coopératives de la zone qui nourrissent le projet d'une embauche groupée d'un conseiller agricole.

Au terme de ce travail, des pistes de réflexion restent ouvertes, tant au niveau des outils proposés et de leur forme que du fonctionnement des systèmes étudiés. Certains aspects restent en effet à explorer de façon à avoir une compréhension plus globale du fonctionnement des exploitations. On a vu notamment l'importance des interactions entre atelier laitier et atelier d'engraissement des jeunes. Il est probable qu'une meilleure connaissance du fonctionnement de ce dernier apporte des éléments nouveaux en termes de conduite de l'élevage bovin et de voie d'amélioration, et appelle une réévaluation de l'outil de modélisation.

Bibliographie

Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux - Valeurs des aliments. Tables Inra 2007, Ouvrage collectif

Attonaty JM, Chatelin M. Hélène, Poussin JC, (1989), L'évolution des méthodes et langages de simulation in Modélisation systémique et système agraire, décision et organisation : Actes du séminaire du département de recherche sur les systèmes agraires et le développement (SAD) mars 1989 , Brossier J, Vissac B, Le Moigne JL éditeurs

Cabrera V.E., Breuer N.E., Hildebrand P.E., Letson D., (2005), The dynamic North Florida dairy farm model : A user-friendly computerized tool for increasing profits while minimizing N leaching under varying climatic conditions, *Computers and Electronics in Agriculture* n°49, p.286–308

Cances Anne-Laure (2005), Diagnostic des systèmes de production du périmètre irrigué du Tadla (Maroc) Quels sont les facteurs de transformation et de différenciation des exploitations agricoles et leur influence sur leur évolution ? , mémoire ingénieur agronome, ENSAIA-CNEARC, soutenu à Montpellier

Cros M.-J., Duru M., Garcia F., Martin-Clouaire R., (2003), A biophysical dairy farm model to evaluate rotational grazing management strategies, *Agronomie* n°23, p.105-122

El Jaouhari Meryem (2007), Testage de proposition d'appui technique aux éleveurs de bovins laitiers dans le périmètre irrigué du Tadla, diplôme d'ingénieur d'Etat en Agronomie option productions animales, IAV Hassan II, Rabat, Maroc

FAO (2005), L'irrigation en Afrique en chiffres – enquête AQUASTAT 2005 – Monographie sur le Maroc, *Cahiers techniques de la FAO / rapport sur l'eau* n°29

Kuper M., Le Gal P.-Y., Moulin C.-H., Puillet L., Sraïri M.T., Elbahri M. (2006), Typologie et modélisation des exploitations laitières sur le périmètre irrigué du Tadla (Maroc), Cirad/Tera n°18/06

Landais E. (1996), Typologies d'exploitations agricoles. Nouvelles questions, nouvelles méthodes, *Economie Rurale* n°236, p.3-15

Le Gal P.-Y. (2004), Première analyse de la filière lait dans le périmètre irrigué du Tadla (Maroc), rapport de mission, Cirad-Tera n°39/04

Oudin Emeline (2006), Analyse et propositions d'améliorations du fonctionnement de coopératives de collecte laitière au Maroc :approche par les systèmes d'information, mémoire ingénieur agronome DAA Agronomie-Environnement, INAP-G

Perrot C. (1990), Typologie d'exploitations construite par agrégation autour de pôles définis à dire d'experts, Proposition méthodologique et premiers résultats obtenus en Haute-Marne, *INRA Productions Animales* n°3, p. 51-56

Sraïri M.T., Touzani I., Kuper M., Le Gal P.-Y., Valorisation de l'eau d'irrigation par l'élevage bovin laitier dans le périmètre de grande hydraulique du Tadla (Maroc), *Cahiers de l'Agriculture*, à paraître

Touzani Imad (2006), Élevage bovin laitier au Tadla : performances et relation à la conception des systèmes fourragers et à la valorisation de l'eau d'irrigation, diplôme d'ingénieur d'Etat en Agronomie option productions animales, IAV Hassan II, Rabat, Maroc

Val-Arreola D., Kebreab E., Mills J.A.N., Wiggins S.L., France J. (2004), Forage production and nutrient availability in small-scale dairy systems in central Mexico using linear programming and partial budgeting, *Nutrient Cycling in Agrosystems* n°69, p. 191-201

Zemzam Saïd (2003), Application d'un outils de simulation (Olympe) dans une perspective d'aide à la décision pour les stratégies d'utilisation conjuguée des eaux de surface et des eaux souterraines à l'échelle d'un tertiaire (cas du Tadla), diplôme d'ingénieur d'Etat en Génie Rural, IAV Hassan II, Rabat, Maroc

ANNEXE A : Localisation géographique de la plaine du Tadla



La région du Tadla est l'un des neuf périmètres irrigués du Maroc. Situé à 200 km au sud-est de Casablanca, il couvre une superficie de 100 000 ha, gérés par l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Tadla (ORMVAT).

Equipé pour l'irrigation à partir des années 1930, ce périmètre est approvisionné par deux barrages : El Hansali sur l'Oued Oum Er-Rbiaa d'une capacité de 670 millions de m³, et Bin El-Ouidane sur l'Oued Abid d'une capacité de 1,3 milliards de m³.

Le périmètre du Tadla se divise en deux zones. Les Beni Amir, situés au nord de l'Oued Oum Er-Rabiaa sont irrigués à partir du barrage El Hansali, qui alimente également pour partie le périmètre du Doukkala. Les Beni Moussa, situés au sud de l'Oum Er-Rabiaa, sont irrigués à partir du barrage Bin El Ouidane, qui alimente également le périmètre du Tassaout (Haouz) depuis les années 90. (Cances, 2005)

Les Beni Moussa bénéficient d'une pluviométrie légèrement plus importante que les Beni Amir (400 à 550 mm par an en Beni Moussa contre 310 à 350 en Beni Amir). (source : ORMVAT). La zone Beni Amir a donc plus fortement souffert de la sécheresse exceptionnelle qu'a connue le Maroc cette année.

ANNEXE B : Fiche enquête utilisée auprès des adhérents de la coopérative

Nom de la coopérative :

Date de l'enquête :

Identification de l'adhérent

Nom :

N°adhérent :

Localisation :

Age :

Niveau d'étude : Aucun / Primaire / Secondaire / Supérieur

Activités non agricoles :

Foncier et assolement

SAU (ha) : dont SAU irriguée (ha) :

Assolement

(Partir des cultures présentes au moment de l'enquête et se projeter sur les mises en culture 2007 par parcelle)

Numéro parcelle	Surface (ha)	Culture en place au jour de l'enquête	Culture prévue dans l'année à venir

Récolte et conservation des fourrages

Luzerne :

Réalisation de foin : oui / non

Nombre de bottes récoltées sur l'année écoulée :

Vente excédent de foin : régulière / occasionnelle / exceptionnelle / jamais

Maïs : distribution en vert / réalisation d'ensilage

Troupeau :

Composition du troupeau lors de l'enquête

	Nombre
Taureaux	
Vaches traites	
Vaches taries	
Génisses (> 6 mois)	
Taurillons (> 6 mois)	
Veaux de moins de 6 mois	
Autre animaux (préciser le type) :	

Type génétique des vaches : (plusieurs réponses possibles)

Holstein / Montbéliarde / Croisées / Locales

Origine des vaches : (plusieurs réponses possibles)

Génisses importées / génisses achetées, nées au Maroc / nées dans le troupeau

Achats/Ventes de vaches laitières (VL) durant les 12 derniers mois :

Nombre VL achetées :.....

Nombre VL vendues :.....

Alimentation du troupeau

Période de distribution des fourrages à l'auge pour les vaches en lactation :

	2006		2007									
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vert												
Luzerne												
Bersim												
Maïs												
Culture pluviale (orge, avoine, ...)												
Sec												
Foin (luzerne)												
Paille												
Ensilage												
Maïs												
Résidus de cultures												
Feuille et collet betterave												
...												

Est-ce que les vaches sortent au pâturage ? oui / non

Si oui : quels mois de l'année ?

sur quel type de surface :

- chaumes céréales / bordures des chemins / jachères

Achat d'aliments pour le troupeau bovin depuis un an

Achats de fourrages :

Luzerne en vert :	oui / non	Nombre de coupes :	Superficie :
Orge en vert :	oui / non	Nombre de coupes :	Superficie :
Foin :	oui / non	Nombre de bottes :	
Paille :	oui / non	Nombre de bottes :	
Ensilage de maïs :	oui / non	Nombre de sacs :	

Achats de concentrés :

Son :	oui / non	Nombre de sacs :
Pulpe Sèche de Betterave :	oui / non	Nombre de sacs :
Aliments composés :	oui / non	Nombre de sacs :

Equipement :

Raccordement au réseau d'irrigation : oui / non
Forage : oui / non
Puits : oui / non

Bâtiment pour les bovins : murs : dur / pisé toit : dur / paille

Pots trayeurs : oui / non

Bidon aluminium : oui / non

Livraisons de lait

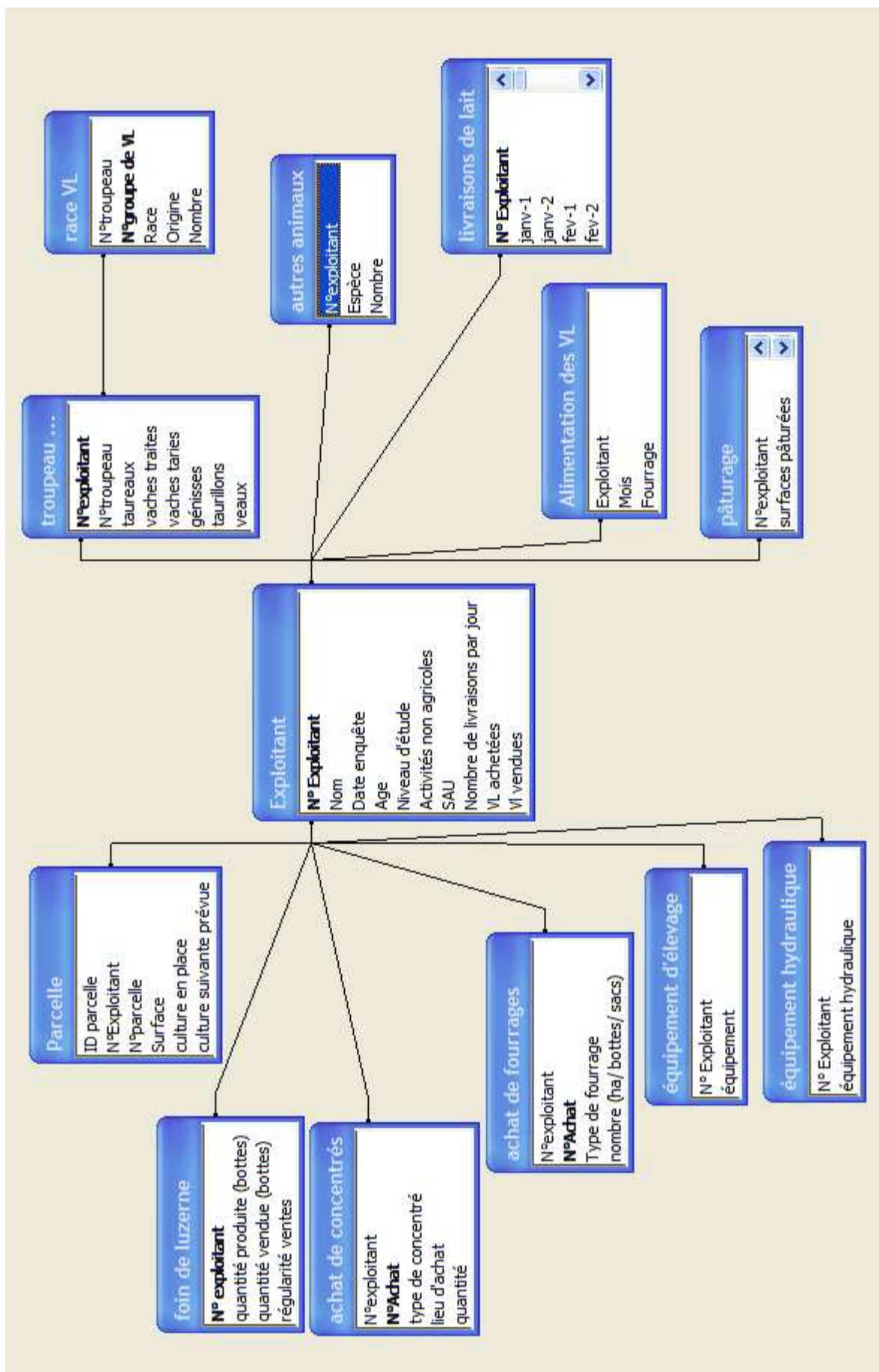
Nombre de livraison par jour : 1 / 2

Quantités par quinzaine en 2006 (voir avec la coopérative)

Janv-1	Janv-2	Fév-1	Fév-2	Mar-1	Mar-2	Avril-1	Avril-2	Mai-1	Mai-2	Juin-1	Juin-2

Juil-1	Juil-2	Aout-1	Aout-2	Sept-1	Sept-2	Oct-1	Oct-2	Nov-1	Nov-2	Déc-1	Déc-2

ANNEXE C : Schéma organisationnel de la base de données

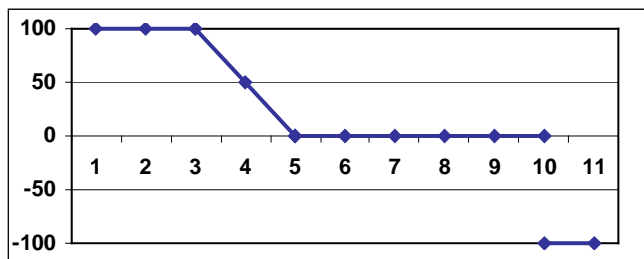


ANNEXE D : Clé typologique

Type A : exploitations uniquement d'élevage. Que des cultures fourragères (ou au moins 2/3 de l'assolement).

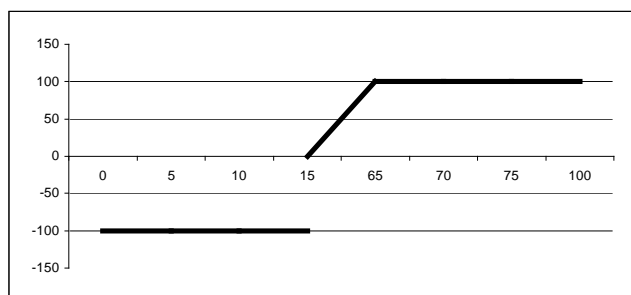
Critère 1 : SAU

Coefficient *0,1



Critère 2 : Part de la SF dans la SAU (%)

Coefficient * 0,5



Critère 3 : composition du troupeau

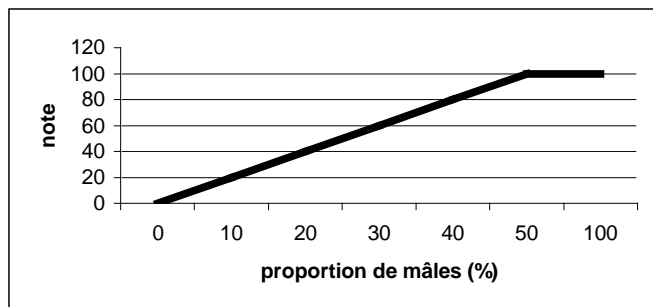
Coefficient *0,4

- Type A-1 : élevage laitier (troupeau à dominante femelle, pas de taureau ou un seul pour la reproduction)

Un taureau maximum et proportion de mâles < 50% du « troupeau adulte » (veaux de moins de six mois exclus) : +100

Plus de un taureau et/ou proportion de mâles supérieure à 50% : proportion de mâles x (-100)

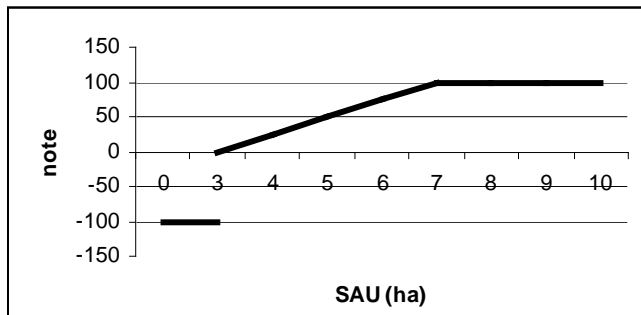
- Type A-2 : élevage mixte (forte proportion de mâles dans le troupeau. La viande est un produit aussi important que le lait)



Type B : exploitations à cultures diversifiées (fourrages + arboriculture, BT, fève...), avec développement d'élevage

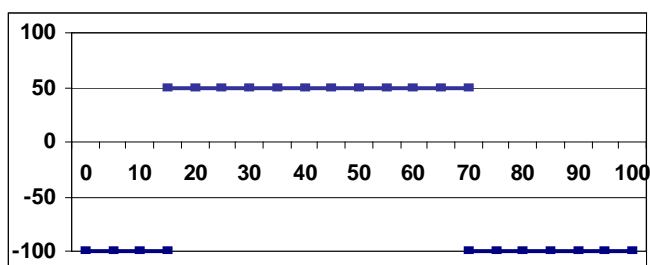
Critère 1 : SAU

Pondération : *0,1



Critère 2 : part de la SF dans la SAU

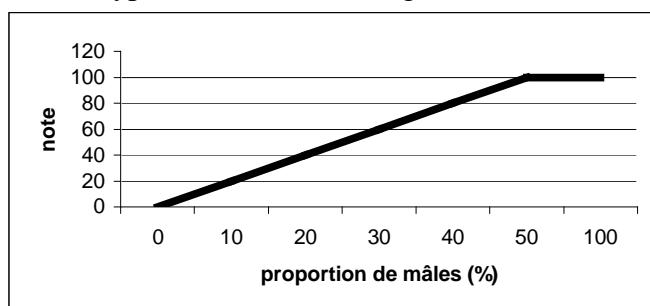
Pondération : * 0,5



Critère 3 : composition du troupeau

Coefficient *0,4

- Type B-1 : élevage laitier (structure troupeau : dominante femelle)
Un taureau maximum et proportion de mâles < 50% du « troupeau adulte » (veaux de moins de six mois exclus) : +100
Plus de un taureau et/ou proportion de mâles supérieure à 50% : proportion de mâles x (-100)
- Type B-2 ou B-3 : élevage mixte



Sous-critère : pas de note mais subdivision : si présence de vaches Hosltein dans le troupeau : Type 3-2 (mixte en transition vers l'amélioration laitière), sinon, type 3-3 (mixte sans signe clair de volonté d'amélioration laitière)

ANNEXE E : Mode d'emploi du simulateur

Dans tout le simulateur, seules les cases en vert clair sont modifiables.

Le simulateur comporte trois feuilles d'entrées :

Feuille 'entrées trp-fourrages'

Ces données concernent d'une part la composition du troupeau et les principales caractéristiques de conduite (objectifs de production laitière, âge des veaux au sevrage et à la vente...) ; et d'autre part les cultures fourragères (surfaces, rendements, courbe annuelle de production...).

Le recensement des dates de vêlage pour l'année écoulée (année n-1) permet de répartir les animaux dans les différents lots. Un lot correspond à un mois de vêlage en année n-1. En effectif réduit, les lots peuvent représenter une seule vache.

Par la suite, les calculs (besoins, apports, production...) seront raisonnés par lot et non par animal, puisqu'au sein d'un même lot, les animaux sont considérés comme identiques, étant au même stade physiologique.

Courbe de lactation :

La courbe de lactation des animaux s'appuie sur les objectifs de production définis (production annuelle, production journalière au pic de lactation, durée de lactation...). Elle permet de contrôler que les valeurs d'objectifs entrées correspondent à une courbe de lactation « normale » (pas de valeurs négatives, pas d'augmentation au-delà du pic de lactation...).

La courbe de pousse des différents fourrages est exprimée en pourcentage de production, elle permettra de calculer les quantités disponibles pour l'alimentation des animaux.

Feuille 'rations'

Cette feuille est une **feuille exclusivement d'entrée**.

On y indique les rations fourragères pour les différentes catégories d'animaux (vaches taries ou en lactation) en fonction des mois calendaires, donc en regard de la disponibilité (cf feuille 'ressources'). On y indique également les rations de complément, cette fois en fonction du stade physiologique des vaches (mois après vêlage).

Feuille 'données'

« Références animaux » :

Cette rubrique regroupe les données permettant de calculer les besoins des animaux en fonction de leur stade et de leur production. Les données correspondent à un animal adulte de 600kg vif, mais une correction est prise en compte pour d'éventuelles variations de poids et un coefficient 'équivalent vache laitière' permet de calculer les besoins des jeunes à différents stades de leur croissance.

« Références aliments » :

Cette rubrique regroupe les données nutritionnelles relatives aux différents aliments utilisés. Les aliments ont été classés par ordre de valeur UF décroissante pour les besoins de calculs ultérieurs.

Les données regroupées dans cette feuille n'ont a priori pas à être modifiées, sauf adaptation du modèle à un contexte différent.

On peut cependant changer un aliment pour un autre en remplaçant les données d'une ligne, les noms et valeurs pour le nouvel aliment seront automatiquement répercutés dans toutes les feuilles de calcul à la place de l'ancien aliment.

Feuilles de calcul :

Feuille 'PL trp potentielle'

Cette feuille permet de calculer le stade de chaque lot pour l'année n à partir de la date du vêlage précédent.

De même, la production potentielle par animal et par mois est calculée pour chaque lot en fonction de la courbe individuelle de lactation définie précédemment.

Ces données sont ensuite réutilisées dans les feuilles 'lot'. La feuille 'PL trp potentielle' n'est qu'une feuille de calculs intermédiaires dont la consultation n'apporte aucune information supplémentaire.

Feuille 'ressources'

Cette feuille comporte des tableaux faisant le bilan des quantités disponibles pour le maïs (d'été ou de printemps), la luzerne, le bersim et l'orge ; un tableau faisant le bilan des quantités consommées par la totalité des vaches laitières ; et des tableaux gestionnaires de stocks pour le foin de luzerne et l'ensilage de maïs.

D'après les niveaux de production mensuels entrés dans la feuille '*entrées troupeau-fourrages*', les quantités de matière verte disponible sont calculées. On en déduit la disponibilité journalière en matière verte. En soustrayant la consommation totale (pour toutes les vaches laitières, les jeunes sont pris en compte plus tard), on obtient une quantité de « reste » qui pourra être soit distribuée aux jeunes dans le cas du bersim ou de l'orge, soit transformée en foin dans le cas de la luzerne ou en ensilage dans celui du maïs.

Ce calcul du « reste » alimente donc la ligne « disponible pour les veaux » de la feuille '*jeunes*' dans le cas du bersim et de l'orge, et les lignes « récolte » des gestionnaires de stock dans le cas du maïs et de la luzerne.

Pour le maïs de printemps, on considère que toute la récolte se fait au mois de juin. Le stock est donc initié en juin. Tout ce qui ne sera pas consommé en vert durant ce mois sera transformé en ensilage. De même pour le maïs d'été, récolté en septembre : tout ce qui n'est pas consommé en vert ce mois est ensilé et vient alimenter le stock d'ensilage initié en juin.

Pour la luzerne, le stock est initié en janvier, des coupes ayant lieu tout au long de l'année : on considère que tout reste de luzerne au champ est transformé en foin, quelle que soit la saison. En effet, la production est si faible en hiver qu'elle est de fait totalement consommée en vert. Et si tel n'était pas le cas on pourrait considérer que la quantité restante au champ constitue un report sur pied qui sera récolté plus tard.

Pour ces deux fourrages, on peut déterminer sur la feuille '*entrées trp-fourrages*' une quantité de stock initial que l'on souhaite toujours avoir à disposition d'une année sur l'autre (marge de sécurité). Le gestionnaire de stock fera en sorte de disposer de cette quantité à la fin de l'exercice, en vendant le surplus ou en achetant le manque.

Pour chaque mois n, la quantité disponible en stock est :

$Q \text{ stock } (n) = Q \text{ stock } (n-1) + Q \text{ récoltée } (n) - Q \text{ consommée par les vaches } (n) - Q \text{ consommée par les veaux } (n) \text{ (pour le foin de luzerne)}$

Cette quantité peut être nulle, mais ne s'affichera jamais négative. Par contre, si la consommation mensuelle dépassait la ressource mensuelle (stock + récolte), le manque serait comptabilisé comme « achat ».

Les achats sont ensuite sommés sur l'année et convertis en équivalents bottes de foin ou sacs d'ensilage.

Feuille 'lot n':

Il existe 12 feuille 'lot' construites sur le même schéma et numérotées 'lot 1' à 'lot 12'. Les animaux du troupeau s'y répartissent en fonction de leur mois de vêlage.

La correspondance entre mois calendaire et stade physiologique des animaux est reprise de la feuille « PL trp potentielle ».

En regard du mois calendaire (pour les fourrages) et du stade des animaux (pour les concentrés), la ration spécifique au lot est récapitulée et convertie en matière sèche.

$(MS = \text{matière brute} \times txMS / 1000)$

De ces tableaux est déduit l'encombrement de la ration proposée et le coefficient de substitution des concentrés⁶.

$(\text{Encombrement} = MS \times VEF)$

$S = -0,43 + 1,82 \times sgE + 0,035 \times QC - 0,00053 \times PL \text{ potentielle} \times QC$

Où QC est la quantité de concentrés distribuée et sgE la substitution à l'équilibre telle que $sgE = 1,1 \times e^{(1,32 \times \text{densité énergétique moyenne du fourrage})} \times PL \text{ potentielle}^{-0,62}$

Le calcul du coefficient de substitution permet d'attribuer une valeur d'encombrement aux concentrés.

(pour les concentrés $VE = \text{quantité distribuée (kgMS)} \times S \times VEF_{\text{fourrage}}$

Où $VE_{\text{fourrage}} = \text{somme } VEF / \text{poids total MS des fourrages distribués}$)

L'encombrement est ensuite confronté à la capacité d'ingestion des animaux. Pour cela, on suppose que la totalité des concentrés est consommée, et que la priorité de consommation des fourrage suivra l'ordre décroissant des teneurs en énergie (priorité au fourrage apportant le plus d'UF).

Un indicateur '*%saturation CI*' permet de voir quelle couverture de la capacité d'ingestion des animaux la ration proposée permet et de réajuster cette dernière de façon à avoisiner les 100% (satiété des animaux, et limitation des refus).

L'encombrement des différents fourrages est cumulé par un compteur à mesure qu'ils sont « choisis » par les animaux, l'encombrement cumulé de tous les aliments « déjà absorbés » intervenant dans le calcul de la part consommée du fourrage suivant.

On obtient ainsi, en unités d'encombrement, les quantités réellement consommées de chaque fourrage.

De ces quantités absorbées peuvent être déduits les apports de la ration en énergie et en azote, la valeur des apports en PDI s'ajustant sur le minimum entre PDIE et PDIN apportés par la ration totale.

⁶ Les besoins des animaux et calculs de satisfaction de ces besoins par la ration sont issus des tables INRA 2007

La production permise par la ration est calculée, besoins d'entretien déduits, en tenant uniquement compte des apports nécessaires par kg de lait (voir 'entrées', références animaux). Elle correspond au minimum entre la quantité de lait permise par les UF et celle permise par les PDI.

$Q_{\text{lait}}(\text{UF}) = (\text{UF apportés} - \text{UF entretien}) / (\text{UFL/kg de lait})$

$Q_{\text{lait}}(\text{PDI}) = (\text{PDI apportés} - \text{PDI entretien}) / (\text{PDI/kg de lait})$

$\text{PL permise} = \min(Q_{\text{lait}}(\text{UF}) ; Q_{\text{lait}}(\text{PDI}))$

Cette valeur n'est bien sur indiquée que si les vaches sont en lactation.

On rappelle ici la production potentielle, calculée dans la feuille « PL trp potentielle ».

La production réelle correspond au minimum entre la production potentielle et la production permise par la ration.

Feuille 'jeunes'

Cette feuille concerne l'alimentation de tous les veaux, taurillons et génisses présents. L'âge des animaux à la vente est entré sur la feuille '*entrées trp-fourrages*'. Un tableau comptabilise le nombre de veaux présents à partir des vêlages de l'année n considérée mais aussi des années n-1 et n-2, considérant que l'élevage des jeunes peut aller jusqu'à 18 mois. On ne prend ici en compte que les jeunes issus des vaches laitières (pas d'achat de veaux supplémentaires pour l'engraissement).

Parallèlement, un autre tableau comptabilise la quantité de lait bue par les veaux, qui varie en fonction de leur âge.

Les jeunes sont ensuite regroupés par tranches d'âge, chacune correspondant à un poids moyen, un GMQ sur la période et par conséquent un besoin en UFL spécifique.

Les poids et GMQ sont calculés sur l'hypothèse d'une croissance linéaire entre le poids de naissance et le poids à la vente. Ce dernier est lui aussi indiqué sur la feuille '*entrées trp-fourrages*'.

On considère que puisqu'il n'est pas conservé, tout le bersim non consommé par les vaches est distribué aux veaux. De même pour l'orge fourrager. On confronte cette offre à la demande du lot de jeunes. Si l'offre n'est pas suffisante, la ration des jeunes est complétée par du foin de luzerne dont les quantités nécessaires par mois sont calculées.

La feuille '*jeunes*' fournit donc comme sorties une quantité mensuelle de lait bu par les veaux et une quantité mensuelle de foin de luzerne consommé par les jeunes, à ajouter dans le bilan alimentaire à celle consommée par les mères.

Feuille 'PL trp réelle'

Cette feuille somme la production mensuelle réelle pour tous les lots. La quantité de lait livré est ensuite obtenue en soustrayant à la production la quantité de lait autoconsommée par l'éleveur et sa famille et celle consommée par les veaux.

On peut comparer ces productions à la production potentielle, qui est récapitulée sur cette feuille pour le troupeau entier.

Feuille 'CI'

Cette feuille concerne les calculs intermédiaires nécessaires à l'attribution d'un coût de production à chaque culture. Elle comprend elle aussi des entrées telles que nombre de passages en

labour, quantité d'engrais, de semences etc... Ces informations sont issues des observations de terrain réalisées en 2005. Comme dans le cas de la feuille 'données', elles n'ont à priori pas à être modifiées.

Feuille 'calcul éco'

Cette feuille dresse le bilan des recettes et dépenses engendrées par l'élevage bovin (vente de lait, de viande, de fourrages ; dépenses liées aux cultures fourragères, achat d'aliments...). On en retire la valeur ajoutée brute (VAB) de l'atelier.

Feuille 'Bilan'

Cette feuille est exclusivement une feuille de sortie.

Elle reprend les paramètres d'entrée qui caractérisent le cas modélisé et les principaux résultats de sortie (quantités produites, VAB, achats et ventes de fourrages, quantité d'eau consommée...).

Elle permet de rassembler les résultats des simulations sur une seule feuille facilement stockable, pour les comparer avec la simulation suivante.

ANNEXE F : Résultats des simulations

Tableau 1. Principaux résultats des différents scénarios en petite exploitation laitière

scenario	scénario de référence	Vente Précoce	VP et Holstein	VP et 4 VL croisées	changement d'assolement	augmentation rendement et Holstein
effectif (nb de VL)	3	3	3	4	3	3
potentiel (L/lactation)	4000	4000	7000	4000	4000	7000
âge à la vente	6 mois	1 mois	1 mois	1 mois	1 mois	1 mois
VAB totale (Dh/an)	17 044	15 630	19 130	10 384	16 450	21 088
lait livré (L/an)	10 141	11 134	19 237	14 991	11 119	19 319
recette lait (Dh/an)	27 887	30 610	52 843	40 937	30 564	51 058
achat aliments	19 021	15 336	32 076	31 680	17 770	32 614
vente fourrages	-	2 100	-	-	-	-
consommation d'eau (m3)	37 680	37 680	37 680	37 680	22 840	37 680

Tableau 2. Principaux résultats des différents scénarios en petite exploitation mixte

scenario	scénario de référence	découplage alimentation	Vente Précoce Holstein	changement d'assolement	augmentation rendement et Holstein
effectif (nb de VL)	3	3	3	3	3
potentiel (L/lactation)	4000	4000	7000	4000	7000
SFP (ha)	3	2	3	3	3
âge à la vente	18 mois	18 mois	12 mois	18 mois	12 mois
VAB Totale (Dh/an)	16 070	27 790	37 990	14 010	38 858
lait livré (L/an)	10 093	10 144	18 334	10 163	18 349
recette lait (Dh/an)	27 768	27 895	50 375	27 963	50 381
achat aliments	36 507	33 737	35 952	44 172	37 372
vente fourrages	-	2 380	-	-	-
consommation d'eau (m3)	56 520	37 680	56 520	41 680	56 520

Tableau 3. Dimensions actuelles de la coopérative El-Badr (détail par type)

	Total coop	type A1	Type A2	Type B1	Type B2	Type B3	total type B
nombre adhérents	68	10	18	13	12	15	40
quantité collectée (milliers de L/an)	509	43.392	70.668	59.613	142.756	82.883	285.252
dont adhérents non susceptibles d'évolution	30	0.978	3.94	17.948	4.761	2.834	25.543
dont livreurs occasionnels	109						
effectif total vaches laitières	267	29	53	42	84	59	185
dont Holstein	50	0	10	9	31	0	40
dont croisées	216	29	43	32	53	59	144
dont locales (beld)	1	0	0	1	0	0	1
Surface Fourragère (ha)	100	12	19	15	34	20	69
Achats concentrés (t/an)	271.3	38.66	50.435	29.055	99.66	53.465	182.18
dont acheté à la coopérative	132.5	19.1	36.025	20.225	27.75	29.375	77.35
achats foin (t/an)	66.0	7.2	21.6	5.55	2.7	28.92	37.17
achats ensilage (t/an)	11.2	1	1.6	0	6.46	2.1	8.56

Tableau 4. Principaux résultats des exploitations et de la coopérative en scénario de référence

		petite lait	petite mixte	grande lait	grande mixte	stables	TOTAL	Δ / cas actuel
exploitation	quantité de lait livré (l/an)	10 141	10 093	10 141	10 093			
	Holstein	-	-	-	-			
	Croisées	3	3	3	3			
	Locales	-	-	-	-			
	SF (ha)	2	3	2	3			
	achats concentrés (t/an)	3.9	3.9	3.9	3.9			
	achats foin (t/an)	8.3	23.3	8.3	23.3			
	achats ensilage (t/an)	-	-	-	-			
proportion dans la coop (%)		13.2	22.1	13.2	33.8	17.6	100.0	
nombre d'exploitations		9	15	9	23	12	68	
coopérative	total collecté (milliers de L/an)	91.3	151.4	91.3	232.1	30.5	705.5	196.5
	augmentation (%cas actuel)	38.6%						
	Holstein	-	-	-	-	2.0	2	-48
	Croisées	27.0	45.0	27.0	69.0	24.0	192	-24
	Locales	-	-	-	-	-	-	-1
	SF (ha)	18.0	45.0	18.0	69.0	12.1	162.1	62.1
	Achats concentrés (t/an)	34.8	58.1	34.8	89.0	28.0	244.7	-26.6
	achats foin (t/an)	75.1	349.2	75.1	535.4	0.2	1 035.0	969.0
	achats ensilage (t/an)	-	-	-	-	-	-	-11.2

Tableau 5. Principaux résultats des exploitations et de la coopérative en scénarios d'augmentation maximale de la production

		petite lait	petite mixte	grande lait	grande mixte	stables	TOTAL	Δ / scénario bas
exploitation	prod individuelle (l/an)	19 320	18 350	26 800	25 467			
	Holstein	3	3	4	4			
	Croisées	-	-	-	-			
	Locales	-	-	-	-			
	SF	2	3	4	4			
	Achats concentrés (t/an)	7.0	7.0	9.4	9.4			
	achats foin (t/an)	14.8	18.8	4.0	14.7			
	achats ensilage (t/an)	-	-	0.8	0.8			
proportion dans la coop (%)		13.2	22.1	13.2	33.8	17.6	100.0	
nombre d'exploitations		9	15	9	23	12	68	
coopérative	total collecté (milliers de L/an)	173.9	275.3	241.2	585.7	30.5	1 415.5	710.0
	augmentation (% scénario bas)	100.6%						
	augmentation (% cas initial)	178.1%						
	Holstein	27.0	45.0	36.0	92.0	2.0	202.0	200
	Croisées	-	-	-	-	24.0	24.0	-168
	Locales	-	-	-	-	-	-	0
	SF	18.0	45.0	36.0	92.0	12.1	203.1	41.0
	Achats concentrés (t/an)	63.2	105.3	84.2	215.3	28.0	496.0	251.3
	achats foin (t/an)	133.2	281.9	35.6	338.1	0.2	789.0	-246.0
	achats ensilage (t/an)	-	-	7.2	18.4	-	25.6	25.6

Abstract :

In the field of supporting farm development, combination of tools such as a typology of the considered area's farms and computerized farm models enables one to explore different evolution scenarios. This document deals with developing such tools for agricultural consultants working with numerous and small scale dairy farms.

Dairy supply chain in the irrigated perimeter of Tadla (Morocco) is composed by several small dairy farms (there were 18000 in 2006), gathered in 84 collecting cooperatives. A dairy factory then collects the cooperatives and transforms the milk into different dairy products. Members of this supply chain all together formulate the wish to increase the produced milk quantity. However, public departments withdraw progressively, which used to support breeding farms in their development. Then, cooperatives more and more shoulder this role of information, technical advice and formation for their members.

Our work has been based on this context, and more precisely on the case of one particular cooperative. This way, we conceived and tested on real conditions some tools to be used by consultants hired by cooperatives.

A survey was first realised with the whole pool of the cooperative members. We built a data base to stock and manage this information, and a typology of cooperative member farms. A farm model was also conceived so as to simulate the consequences of changes in farm management. Eventually, we conceived a series of scenarios to explore different strategic points with which farmers can play to control and improve their breeding system.

Results show the existence of two major farm types divided by the part of land allocated to forage culture : some cultivate quite only forage, some also have other speculations. Inside these two types, a difference can be noticed between farms producing quite only milk and farms producing both milk and meat. Simulations based on virtual farm profiles showed the weigh of food competition between milk cows and fattened calves, and the interest of forage diversification for having available fresh forage n seasons when alfalfa production is reduced.

These tools appear to be useable as a base of reflection and debate around possible ways to improve milk production. The scenarios explored show the possibility to consider possible evolution ranges at the cooperative scale. Nevertheless, practices and situations being so diverse, using these tools for a case by case reflection remains the most suitable strategy in farm advising.

This document ends by a discussion of concrete application abilities and opportunities of these tools. We also mention some issues on which a further study could complete the present work.

Keywords :

Typology, farm model, simulation, data base, milk collecting cooperatives, cow breeding, Tadla, Morocco

Résumé :

Dans le cadre de l'appui au développement des structures agricoles, la combinaison d'outils tels que la typologie des exploitations de la zone concernée et les modèles informatiques d'exploitations permet d'explorer différents scénarios d'évolution. Ce travail s'intéresse au développement de tels outils à l'usage de conseillers agricoles auprès d'exploitations laitières petites et nombreuses.

La filière laitière dans le périmètre irrigué du Tadla (Maroc) est constituée d'une multitude de petites exploitations (18000 en 2006) regroupées au sein de 84 coopératives de collecte, elles mêmes collectées par une laiterie industrielle. L'ensemble des acteurs de la filière exprime la volonté d'augmenter les quantités de lait produites. Cependant, les services nationaux d'appui au secteur de l'élevage se désengagent peu à peu. Les coopératives assurent donc de plus en plus ces rôles d'information, de conseil technique et de formation auprès de leurs adhérents.

Nous nous sommes basés sur ce contexte, et sur le cas d'une coopérative donnée, pour concevoir et tester des outils à l'usage de conseillers agricoles tels que ceux auxquels les coopératives pourraient faire appel.

A partir d'une enquête menée auprès de l'ensemble des adhérents de la coopérative concernée, nous avons mis au point une base de données permettant de stocker et gérer ces informations ; une typologie des exploitations adhérentes à partir de laquelle nous définissons des profils types d'exploitation pour les besoins de la simulation ; un modèle d'exploitation sous tableur permettant de simuler les conséquences de divers changements de conduite de l'élevage ; et une série de scénarios permettant d'explorer les différents leviers à la disposition des éleveurs pour améliorer leur système.

Les résultats obtenus montrent l'existence de deux grandes familles d'exploitations, selon que la totalité de la surface est dédiée à l'élevage ou qu'il existe d'autres spéculations. Au sein de celles-ci, on peut distinguer plusieurs types selon l'importance relative de la production de lait et de la production de viande. Les simulations à partir de profils types virtuels ont montré l'importance de la compétition alimentaire entre le troupeau laitier et le troupeau à l'engraissement, et l'intérêt de la diversification des cultures fourragères pour l'apport d'aliment vert hors saison de production de la luzerne.

Les outils mis au point apparaissent comme utilisables à titre de support de réflexion et de débat autour des leviers possibles d'amélioration de la production. Les scénarios explorés montrent la possibilité d'envisager des marges d'évolution à l'échelle de la coopérative. Cependant, l'importance du traitement au cas par cas (grande diversité des pratiques et des situations) est à souligner pour une utilisation dans le cadre du conseil direct aux exploitations.

Ce document se clôt par une discussion autour des possibilités d'application et de prise en main sur le terrain de tels outils. Nous y évoquons également quelques approfondissements qui pourraient se révéler nécessaires pour compléter ce travail.

Mots-clés : Typologie, modélisation, simulation, base de données, coopératives de collecte laitière, élevage bovin, Tadla, Maroc

